جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الرابعة من السنة الثانية والعشرين

محاضرة
عن كهربة خطى حلوان والمرج
ومشروع وصل أحدهما بالآخر

للبكباشى « أركان الحرب »

حسن فهمى رجب

مدير القسم الجغرافى بالجيش المصرى

مهندس أخصائى فى هندسة السكك الحديدية الكهربائية من فرنسا

ومدير الصيانة بسكك حديد الرمل الكهربائية سابقاً

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٤٥

مطبعة الاعتماد بمصر

ESEN-CPS-BK-0000000228-ESE

00426230

جمعية المهندسين الملكية المصرية
النشرة الرابعة من السنة الثانية والعشرين

محاضرة
عن كهربة خطى حلوان والمرج
ومشروع وصل أحدهما بالآخر

للبكباشى « أركان الحرب »
حسن فهمى رجب
مدير القسم الجغرافى بالجيش المصرى
مهندس أخصائى فى هندسة السكك الحديدية الكهربائية من فرنسا
ومدير الصيانة بسكك حديد الرمل الكهربائية سابقاً

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية
بتاريخ ٣٠ مايو سنة ١٩٤٥

مطبعة الاعتماد بمصر

فهرس

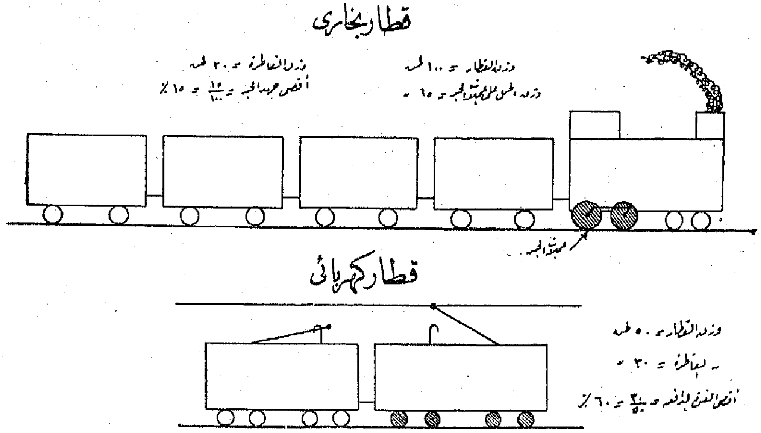
١ — ما هي الأسباب التي تدعونا لكهربة أي خط حديدي :

قد يتساءل الكثير منا عن الأسباب التي تدعونا لكهربة خط حلوان أو أي خط حديدي آخر مادام تعمل عليه القطارات البخارية أو مركبات الديزل وما هي مزايا الكهربة ، وقد يبدو للشخص العادي أن ميزة الكهربة تنحصر في التخلص من الدخان والبخار فهل لهذا السبب نتكبد كل هـــذه المتاعب والمصاريف لكهربة الخطوط الحديدية الجواب لا . إن للكهرباء مزايا عظيمة جدا تبرر كل المتاعب والمصـاريف التي نتكبدها في سبيل تحويل الخطوط الحديدية إلى خطوط كهربائية وهي :

أولا — زيادة السرعة المتوسطة :

ففي خطي حلوان والمرج وأي خطوط مماثلة ، نجد أن هناك عدد عظيم من الركاب ينتقل يوميا فلكي يمكن للسكك الحديدية نقل هذا العدد أمام منافسة السيارات أو أي وسائل أخرى سريعة للمواصلات يجب عليها أن تنقلهم في وقت أقصر نسبيا . قـــد يقول قائل وماذا في ذلك فقطار السكة الحديد يمكنه أن يصل إلى سرع كبيرة تبلغ في بعض الأحيان مائة كيلومترا في الساعة . ولكن يجب علينا أن نراعي أنه حقيقة وإن كان القطار الحديدي يصل إلى سرعة قصوى كبيرة إلا أنه يصل إليها في وقت كبير نسبيا أي أن عجلته أو معدل تغير سرعته في وحدة الزمن صغير . فإذا ما أخذنا هذا القطار الحديدي السريع وليكن اكسبريس مثلا وطلبنا منه أن يقف كل كيلومتر مثلا ثم يقوم ثانية فإنه يقطع في الساعة الواحدة ما لا يزيد على عشرين كيلومترا أي أن سرعته المتوسطة تكون عشرون كيلومتر في الساعة مع أن أقصى سرعته مائة كيلومترا في الساعة . قد يقترح البعض أن نزيد له فتحة البخار وقت القيام لكي نحصل على قوة دافعة أكبر على عجلات الجر ولكن بمحاولة ذلك نرى أن العجل يتزلق على القضبان لأنه كما نعلم أن جهد الجر

(Tractive effort) بين العجلة والقضيب يتناسب مع وزن الحمل الواقع على العجلة . وسنفسر المقارنة القطار الحديدى والكهربائى بمثل بسيط — انظر الشكل رقم (١) لنفرض أن قطارا حديديا وزنه ١٠٠ طن ووزن القاطرة



(شكل ١)

مقارنة لأقصى جهد الجر فى كل من حالتى القطار البخارى والقطار الكهربائى

٢٠ طنا يقع على عجلاتها الدافعة (Driving Wheels) ١٥ طنا والباقى على العجلات الأمامية للقاطرة فان نسبة أقصى جهد للجر إلى وزن القطار = $\frac{\text{١٥ طن}}{\text{١٠٠}}$ = ١٥ ٪ ثم نقارنه بقطار كهربائى مكون من عربة قاطرة وزنها ٣٠ طنا وعربة مقطورة وزنها ٢٠ طنا ويوجد محرك على كل من الأربعة محاور الدافعة وعلى ذلك فان نسبة أقصى جهد للجر إلى وزن القطار فى هذه الحالة $\frac{٣}{٥}$ = ٦٠ ٪ وعلى ذلك فان عجـــلة قيام (acceleration) القطار الكهربائى يمكنها أن تبلغ أربعة أمثال القطار البخارى قبل أن يحدث انزلاق بين العجلة والقضيب كما أنه إذا كان كل من العربتين قاطرتين فى القطار الكهربائى فان معامل التماسك = ١٠٠ ٪ وفى هذه الحالة تكون العجلة ٦ أمثال نظيرتها فى القطار الحديدى . ومعنى زيادة العجلة زيادة تماثلها فى السرعة المتوسطة للخط (Schedule Speed) .

ثانيا — ارتفاع الجودة الحرارية :

أن أهم ما تمتاز به القاطرة الكهربائية عن القاطرة البخارية هو انفصال القوة المولدة عن القطار وتركيز إنتاج الطاقة الكهربائية فى محطة واحدة كبيرة الحجم ثابتة على الأرض وعلى ذلك فان تكاليف إنتاج القوة الدافعة — وهى كأى سلعة أخرى خاضعة لقوانين الاقتصاد الخاصة بالإنتاج الكبير — تقل كثيرا عن تكاليف البخار الذى تولد قوته فى عدد كبير من الآلات البخارية الصغيرة الحجم والتى تقل جودتها الحرارية كثيرا عن المحطات الكبيرة الثابتة .

ولهذا التركيز فى توليد القوى المحركة فى حالة القطار الكهربائى مزايا عظيمة جدا فانه علاوة على ما ذكرنا من ارتفاع الجودة الحرارية يسمح لنا باستعمال أنواع أخرى من الوقود خلاف الفحم كالمازوت أو أنواع من الفحم الرخيص والتى لا يمكن استعمالها فى حالة القطارات البخارية بدون أن تتأثر كفاءتها من جراء ذلك .

ولقد بلغ الوفر فى استهلاك الوقود على بعض الخطوط من جراء كهربتها ٦٦ ٪ فى بعض الحالات . ولقد قدر أن كمية الفحم اللازمة لإدارة السكك الحديدية البروسية بالكهرباء تبلغ سنويا ٥ مليون طن من الفحم وذلك مقابل ١٣ مليون طن اللازمة لإدارة نفس الخطوط بالبخار .

وفى الجدول الآتى يظهر لنا الاقتصاد فى الفحم على بعض الخطوط التى تم كهربتها :

الخط	استهلاك الفحم كجم / طن كم	
	القاطرة البخارية	فى محطة التوليد بعد كهربة الخط
نيويورك نيوهافن هارتفورد	٠,٠٧٢	٠,٠٣٧
سكك الحديد الجبلية بسويسرا	٠,١٠٤	٠,٠٥٦
سكك حديد جوتارد ولويتشبرج	٠,٠٨٥	٠,٠٤٦
السكك الحديدية السويسرية	٠,٠٧٨	٠,٠٣٧

ثالثا — خفة وزن القطار الكهربائى وقلة نفقات صيانته :

وذلك لاستبعاد المراجل (Boilers) وعربة الفحم والمياه والعطشجى وغير ذلك من الأحمال التى تكون (أحمالا ميتة) (Dead Weights) لا نستفيد منها تجاريا كما أن تكاليف صيانة القطار الكهربائى تقل كثيرا تبعا لذلك . ولقد احتسبت هذه المصاريف على خط شيكاغو — ميلوكى وسانت بول بعد كهربته فوجد أن تكاليف الصيانة تبلغ ⅓ ما كان يتكلفه القطار البخارى قبل الكهربة .

وفى شركة الخط الشمالى الشرقى بالولايات المتحدة حيث تقوم الشركة بالاحتفاظ بالقطارات البخارية والكهربائية على نفس الخط وجد أن تكاليف صيانة القطارات الكهربائية لا تكاد تبلغ ½ تكاليف صيانة القطارات البخارية .

رابعا — القطار الكهربائى أقل أعطالا من البخارى :

كما أنه نظراً لاستبعاد محطة التوليد وكذا جميع الأجزاء المترددة Recipro-cating Parts من القاطرة الكهربائية فانها أقل عرضة للاعطاب والأعطال من القاطرة البخارية التى لا تستطيع أن تعمل أكثر من ٤٠٪ من السنة فى حين أن القاطرة الكهربائية يمكنها أن تعمل ٨٠٪ من السنة .

خامسا — الاقتصاد فى أجور العمال :

استخدام الكهرباء يحدث عنه اقتصاد كبير فى حساب أجور العمال وذلك لقلة عدد العمال المشتغلين فلا حاجة فى حالة الكهرباء إلى عمال لايقاد الفحم وتنظيف الأفران ولا إلى عطشجى أو مساعد للسائق ويتجلى لنا الفرق بين بساطة القاطرة الكهربائية وكثرة محتويات القاطرة البخارية من فرن ومراجل وفحم وماء . وليس فى القاطرة الكهربائية إلا المحرك (الموتور) ولوحة القيادة .

سادسا — الاقتصاد فى الوقت بالاستغناء عن عمل مناورات فى نهاية الخط :

باستعمال القطار الكهربائى المتبادل (Double Headed Train) الذى يتكون من قاطرتين أمامية وخلفية فأننا لا نحتاج لعمل أى مناورة فى نهاية الخط وهذا يساعدنا أيضاً على الاقتصاد فى الوقت .

وهذا بعكس القطارات البخارية التى تأخذ وقتاً طويلا فى تحويلها من خط إلى آخر وتزويدها بالماء والوقود فى نهاية الخط .

سابعا — قلة فترات الانتظار بين القطارات :

نظراً لامكان استعمال القاطرة فى القطار الكهربائى أيضاً فى نقل الركاب فأنه يمكننا تقليل عدد العربات وزيادة عدد القطارات وبذلك نتلافى الازدحام فى المحطات الرئيسية أما إذا حاولنا أن نزيد من القطارات البخارية وذلك بتقليل عدد عرباتها إلى واحدة أو اثنين فأننا نجد أن نسبة كبيرة من القطار (وهو القاطرة) لا نستفيد منه بشىء .

ثامنا — الأمن فى السير :

القطار الكهربائى أكثر أمانا لدقة نظام فرامل العجلات فيه عن القطار البخارى كما يمكن لهذه الفرامل أن توقف حركة القطار من سرعته القصوى إلى حالة السكون فى زمن وجيز جدا .

تاسعا — النظافة والراحة :

نظراً لخلو القطار الكهربائى من الدخان والبخار كما أنه لا يحدث أصواتا مزعجة فان ذلك أدعى إلى راحة الركاب والمسافرين وكذا للأحياء التى يمر بها القطار الكهربائى بعكس القطار البخارى الذى يضايق الركاب وسكان الأحياء التى يمر بها وأن نظرة إلى المبانى المقامة على شارع الملكة نازلى وأشكالها القاتمة نتيجة لدخان القاطرات البخارية لكافية لاثبات ذلك .

عاشرا — امكان استخدام الوقود الوطنى المستقبل :

وهو الفحم الأبيض بعـــد كهربة خزان أسوان ولقد قدرت كمية الطاقة

الكهربائية الممكن إنتاجها بمقدار ١٢٠٠ مليون كيلوات ساعة سنويا فإذا قمنا من الآن بكهربة أكبر عدد من الخطوط الحديدية فإن ذلك يساعد على استهلاك جانب من الوقود الوطني الذي نستغله بهذه الطريقة أحسن استغلال .

من كل ما سبق يمكن لنا أن نستخلص بأنه يمكن للقطار الكهربائي أن يقوم بعـــدد من الرحلات أطول من التي يمكن للقطار البخاري أن ينتجها وبذلك تقل تكاليف الرحلة الواحدة .

ولقد ظهر أن تسيير القطارات بالكهرباء على خطوط الضواحي في جنوب انجلترا أسفر عن نجاح عظيم بالرغم من أن انجلترا هي كما نعلم الموطن الأصلي للقطار البخاري .

وقد قال رئيس مجلس إدارة الشركة التي تدير هذه الخطوط في الجمعية العمومية سنة ١٩٣٠ « إن زيادة الحركة على الخطوط الحديدية المكهربة قد جاوزت ما كنا ننتظره وها هي تلك في ازدياد مستمر يبشر بمستقبل باهر وبواسطة القطارات الكهربائية يمكن قطع ٧,٨ ملايين ميل سنويا مقابل ٤,٤ ملايين ميل سنويا فقط يمكن للقطارات البخارية أن تقطعها على نفس الخطوط » .

وإنما يجب ألا يغيب عن أذهاننا أن كهربة أي خط حديدي تستلزم نفقات كثيرة تشمل بناء محطات التوليد الرئيسية والفرعية وكابلات التوصيل والأسلاك الهوائية والقاطرات الكهربائية فيجب والحالة هذه أن ندرس المشروع من جميع نواحيه وقياس الفائدة المرجوة وهل هي تبرر الاستعاضة بها عن البخار . ويلاحظ أنه لا يمكننا كهربة أي خط اقتصاديا إلا إذا كانت نسبة عدد الركاب للكيلومتر الطولي (أي كثافة الركاب الكيلومترية) عالية . وهذا ما سندرسه في مشروعنا بالنسبة لخطوط ضواحي مدينة القاهرة .

٣ ـ خط حلوان وكيف يمكن تحسين هذا الخط بكهربته

يبلغ طول خط حلوان من محطة باب اللوق إلى حلوان ٢٥ كم وهو خط مزدوج (انظر الخريطة رقم ٢) . وتقع عليه عشرة محطات أصلية وثلاث ثانوية وتختلف المسافة بين المحطة والأخرى من ٧١٢ مترا إلى ٧,٢٢ كيلومتر . وله سبعة مزلقانات داخل المدينة فى الجزء المحصور بين باب اللوق وفم الخليج كما أن له ٩ مزلقانات فى باقى الخط . ويمر الخط فوق أربعة نفق أرضية كما أنه يمر على سبعة كبارى . ويبلغ الفرق فى المنسوب فى الخط بين حلوان وباب اللوق ٣٨ مترا تقريبا وهذا يعطينا ميلا مقداره ١ : ٦٥٣ مع أقصى ميل قدره ١ : ١٣٤ .

والخط الحديدى الحالى هو الطريق الرئيسى للمواصلات بين القاهرة وحلوان وما بينهما من الضواحى الصغيرة . ويوجد طريق يسير موازيا تقريبا للخط الحديدى إلا أنه لطول المسافة ولضيق الطريق وإحاطته بالشجر العالى ولإقامته على جسر يرتفع كثيرا عما يجاوره من الأراضى كل هذه الأسباب لا تجعل لهذا الطريق أهمية كطريق للسرع العالية للسيارات بل تجعله عرضة للأخطار وأكبر دليل ذلك نسبة حوادث السيارات المرتفعة فيه .

ويوجد أيضا النيل كطريق للمواصلات ولكن نظراً لتأخر النقل النهرى تأخرا عظيما لذلك سأستبعده من الحساب . كما يوجد أيضا النقل الجوى ويعلم الله مدى ماسيلاقيه هذا النوع من النقل ولكن أظن أنه نظرا لقلة المطارات داخل المدينة وارتفاع أجور هذا النوع من النقل وعدم تعودنا عليه لذلك أستبعده من حسابنا كمزاحم لمدة عشرة سنوات على الأقل .

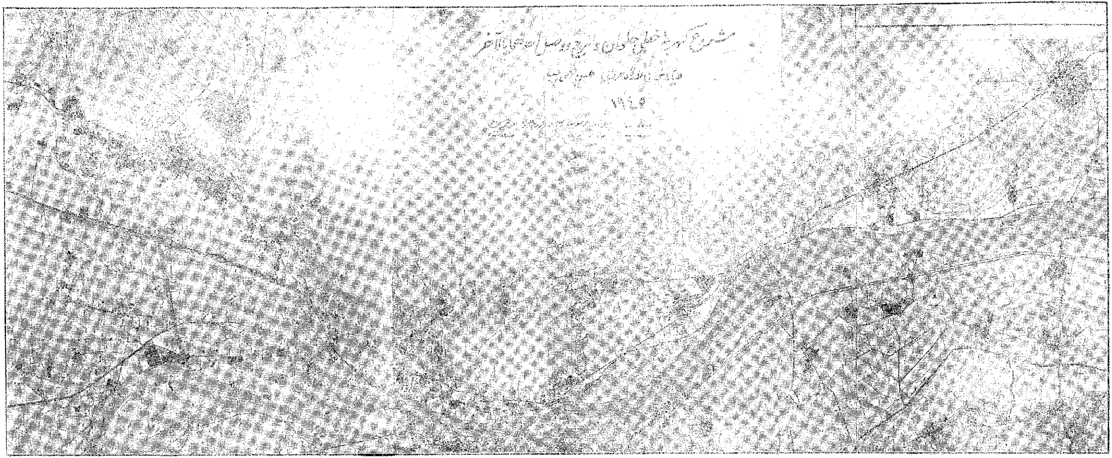
عيوب الخط الحديدى الحالى

أنشأ الخديوى إسماعيل خط حلوان بين سنتى ١٨٧٠ — ١٨٧٢ وافتتح الحركة فيه سنة ١٨٧٢ واستمر ضمن سكك الحكومة الحديدية إلى عام ١٨٨٨ حينما آل حق استغلاله إلى شركة (مترو بوليتان) وشركة سكك حديد القاهرة — حلوان (إخوان سوارس) ثم إنتقل هذا الحق إلى شركة سكك حديد الدلتا الضيقة وأخيراً استعادته الحكومة سنة ١٩١٤ مقابل دفع مبلغ ٩٠,٠٠٠ جنيه مصرى .

ومع أن حلوان كانت فى بادىء الأمر ضاحية مصر الأولى وكان يقيم فيها الوجهاء والأعيان فقد أصبحت بسبب بقاء الخط الحديدى على حالة تأتى فى مؤخرة ضواحى القاهرة رغم شهرتها العالمية بجودة مياهها وطيب مناخها وفاقها الكثير من الضواحى الجديدة والسبب الرئيسى فى ذلك يرجع إلى ارتقاء طرق المواصلات إلى الضواحى الجديدة . وأقرب مثل على ذلك أن مصر الجديدة وهى أحدث هذه الضواحى يقطع الراكب إليها مدة عشر دقائق بواسطة المترو من شارع عماد الدين مع أن المسافة تزيد على ١٠ كم ويمكننا تصور أهمية هذا المترو بالنسبة لمصر الجديدة فى حادثتين حدثتا فى عامنا هـــذا (١٩٤٥) عند ما توقف المترو فى كل منهما بضعة أيام بسبب السيول والأمطار . أمكننا أن نستخلص من هاتين الحادثتين أن المنشىء الحقيقى لمصر الجديدة هو فى الواقع المترو .

أما فى حلوان فما زال الحال كما هو عليه من التأخر — لا يوجد قطار إلا كل ٢٥ دقيقة فى المتوسط وبعد كل ذلك فإن القطار يقطع المسافة إلى حلوان فى وقت متوسطه ٤٥ دقيقة .

وعلى ذلك فلكى نعمل على إحياء هذه الضاحية الصحية من جديد يجب علينا أن نعمل على تقليل فترة الانتظار بين مواعيد القطارات ثم ما هو أهم من ذلك أن نعمل على زيادة سرعتها المتوسطة .



(شكل ٢) خريطة خطى المرج وحلوان

ضاحية المعادى

ولكن فى الوقت الذى نرى فيه حلوان تحتضر نرى بجانبها ضاحية المعادى الفتية تشب وتترعرع فما هو السبب فى ذلك . الأسباب كثيرة أهمها :

أولا — قرب المعادى من المدينة فالمسافة للمعادى تزيد قليلا على ١٠ كم يقطعها القطار فى ٢٠ دقيقة بينما المسافة لحلوان ٢٥ كيلومترا يقطعها القطار فى ٤٥ دقيقة .

ثانيا — مجهودات شركة المعادى فى تجميل المدينة وتسهيل وسائل التسلية فيها . ولقد ندهش إذ نعلم حاليا أن عدد ركاب ضاحية المعادى يزيد على ضعف عدد ركاب حلوان وهذه مسألة لها أهميتها عند التفكير فى كهربة هذا الخط .

كيف يمكننا تحسين خط حلوان بكهربته

يجب علينا العمل على :

أولا — تقليل فترة الانتظار بين القطارات .

ثانيا — زيادة سرعة القطارات بحيث يمكننا قطع المسافة فى وقت أقل.

ولكن نلاحظ أنه بمحاولتنا عمل ذلك سنصطدم بالعقبات الآتية :

(ا) لا يمكن زيادة السرعة داخل المدينة بسبب دواعى الأمن واضطرارنا إلى مراعاة لوائح المرور الخاصـــة بسير المركبات الكهربائية داخل المدينة وجعلها لا تتعدى ١٥ كم / ساعة .

(ب) كثرة عدد القطارات على المزلقانات سيوجد إشكال كبير من جهة حركة المرور فوق هذه المزلقانات .

ولقد أثيرت هذه المسائل قبل ذلك واقترحت عدة حلول للتغلب عليها ، أحدها كان يقضى بأن تكون نهاية الخط عند محطة السيدة زينب أو عند فم الخليج ثم عمل أوتوبيسات أو الاتفاق مع شركة الترام لتكملة المسافة إلى باب اللوق ولكن حلا كهذا لم يتم لشكوى الركاب بسبب كثرة عدد المرات التى يجب أن ينتقلوا فيها ليصلوا إلى قلب المدينة . أما أقترحه وهو ما سبق لغيرى اقتراحه فهو عمل خندق مفتوح من فم الخليج إلى باب اللوق تبنى فوقه كبارى للمرور وبذلك لا يتعارض سير القطارات مع حركة المرور داخل المدينة .

عدد الركاب على خط حلوان فى الأعوام ١٩٣٧ — ١٩٤١

عام ٣٨/٣٧

درجة أولى	٣٢٨,٢٦٢
درجة ثانية	١,٢٥٧,٦٧٠
درجة ثالثة	١,٧٩٩,٧١٥
	٣,٣٨٥,٦٤٧
حاملى الاشتراكات $\frac{٩٠٩٨}{٤}$ × ٤ × ٣٦٥ = ٣٣٢٠٧٧٠	٣,٣٢٠,٧٧٠
عدد الركاب السنوى	٦,٧٠٦,٤١٧

عام ٣٩/٣٨

درجة أولى	٤٦٧,٧٢٠
درجة ثانية	٢,٧٥٩,٣٦٩
درجة ثالثة	,٤٥٦
	٣,٢٢٧,٥٤٥
حاملى الاشتراكات ٨٢٠٦ × ٣٦٥ = ٢٩٩٥١٩٠	٢,٩٩٥,١٩٠
عدد الركاب السنوى	٦,٢٢٢,٧٣٥

عام ٣٩ / ٤٠

درجة أولى	٦٤٥,٤٧٦
درجة ثانية	٣,٠٥٣,١٨١
	٣,٦٩٨,٦٥٧
حاملى الاشتراكات ٩٤٨٦ × ٣٦٥ = ٣٤٦٢٣٩٠	٣,٤٦٢,٣٩٠
عدد الركاب السنوى	٧,١٦١,٠٤٧

عام ٤٠ / ٤١

درجة أولى	١,٢٧٦,٩٣٨
درجة ثانية	٣,٣٣٦,٣١٠
	٤,٦١٣,٢٤٨
حاملى الاشتراكات ١٠,١٨٩ × ٣٦٥ = ٣٧١٨,٩٨٥	٣,٧١٨,٩٨٥
عدد الركاب السنوى	٨,٣٣٢,٢٣٣

٣ — استعراض المشاريع السابق دراستها لكهربة خط حلوان

سبق أن درست عدة مشاريع لكهربة خط حلوان نخص منها بالذكر :

(١) مشروع السير فيليب داوسون :

عندما اتخذت الاجراءات لتنفيذ مشروع كهربة خط حلوان عام ١٩٣٣ قدرت تكاليفه بنحو ٣٠٠ الف جنيه وعملت مناقصة على أساس مواصفات قام بوضعها السير فيليب داوسون الخبير الذى اختارته الحكومة لهذا الغرض . وكانت أهم خواص هذا المشروع .

ا — استخدام قطارات ثقيلة ذات سرعة عالية .

ب — استخدام التيار المستمر بضغط قدره ١٥٠٠ فولت للأسلاك الهوائية ووضع كل محركين معاً بصفة دائمة على التوالى لكى يكون الضغط على كل محرك ٧٥٠ فولت فقط وبذلك وفق جنابه بين الجهد العالى اللازم للاسلاك الهوائية والجهد المناسب للمحركات حتى تكون النفقات أقل ما يمكن .

ج — اختار جنابه محولات للتيار المتغير ذو الضغط العالى إلى التيار المستمر من النوع المسمى بالمحولات الدائرة (Rotary Converters) .

د — اقترح جنابه اقامة محطتين كهربائيتين فرعيتين إحداهما عند محطة مارجرجس والأخرى بالمعصرة .

وتقدمت عدة عطاءات على أساس المواصفات التى قام بعملها جنابه . وبعد فحصها قدم التوصية اللازمة . ولكن اللجنة التى كلفت بفحص المشروع وأخذ قرار فيه لم توافق عليها وكانت أهم أسباب الرفض هى :

أولا — عدم بيان مقدار الأرباح التى تعود على خزينة الدولة مقابل صرف ثلثمائة ألف جنيه فى كهربة الخط علما بأن مناقشات محبذى المشروع كانت قائمة على أساس زيادة الايراد لانتشار العمران فى هذه المنطقة قياسا

على ماحدث فى الأحوال المشابهة فى مصر وغيرها من الممالك الأخرى وكذا إلى النفع الكبير الذى ينتج من ارتفاع ثمن الأراضى الواقعة على جانبى الخط.

ولكنى أرى أن هذا السبب لا يحمل أى وزن من الوجاهة لدرجة تأثيره على المشروع لأن مشروع كهربة خط حلوان يعتبر مشروع منفعة عامة وليس مشروع اقتصادى بحت (وإن كان فى الواقع مشروعاً اقتصادياً من الدرجة الأولى كما سنثبت ذلك فيما بعد) وعلى ذلك فلا يجب على الحكومة أن تنظر إليه من خلال منظارها المالى فقط بل يجب أن تنظر إليه من الوجهة الصحية والعمرانية وتجميل مدينة القاهرة وإصلاح حال الضواحى وراحة السكان والأهالى وتوفير الوقت إلى غير ذلك من الأسباب ذات المنفعة العامة .

أما إذا نظرنا إلى جميع مشاريعنا الحيوية ذات صبغة المنفعة العامة على أنها مشاريع اقتصادية فقط فيجب أن نبدأ باقفال المستشفيات والمدارس والجامعات والمصحات العامة على أساس أنها مشاريع خاسرة من الوجهة الاقتصادية .

ففضلا عن أنه لم يكن فى كل هذا مايبرر تعطيل المشروع فان موضوع الفائدة التى تعود على خزينة الدولة مقابل صرف مبلغ الثلاثمائة الف جنيه يكفى للأجابة عليه أن نوجه النظر إلى ماأتى من خط هليوبوليس الكهربائى من الفوائد الكبيرة عند قيام أصحابه بمشروعهم إذ لم يكن فى وسعهم وقتئذ عمل تقدير دقيق للايراد الذى يتناسب مع ماصرفوه من المبالغ الباهظة .

هذا علاوة على ماسيترتب على المشروع من الفوائد الجمة التى ستعود على الأهالى وعلى خزينة الدولة فى آن واحد من ارتفاع ثمن الأراضى الواسعة والممتلكات الموجوده فى هذه المنطقة .

ثانيا — عملا بما أشار إليه الخبير الفنى من أنه كلما تعددت نواحى الانتفاع بالكهرباء فى منطقة واحدة وكثرت المشروعات التى تستعمل فيها كانت الفائدة أكبر والنفع أعم رأى البعض ضرورة إعادة بحث المشروع ودرس مايتصل به من الموضوعات الآتية :

(١) هل يشترى التيار اللازم من إحدى الشركات القائمة أم تنشأ محطة خاصة لتوليد الكهرباء لتغذية الخط على أن توسع فيما بعد لتغذية خط المطرية عند كهربته وانتخاب أنسب المواقع لإقامة هذه المحطة .

(ب) تأجيل كهربة خط حلوان حتى يبت فى مشروع عام يشمل كهربة خطى حلوان والمطرية ويتسع فى الوقت نفسه لأن يشمل كهربة خط القناطر الخيرية ويغذى ورش السكك الحديدية ببولاق وأبى زعبل وإنارة المحطات الواقعة بمنطقة القاهرة وضواحيها ومدى ارتباط كل ذلك بأعمال الشركات القائمة الآن وما لها من حقوق وامتيازات .

أما عن هذه النقط فكان من الممكن السير فى تنفيذ مشروع كهربة خط حلوان باعتباره جزءاً منه وذلك بصرف النظر عن إنشاء محطة خاصة لخط حلوان والاكتفاء مؤقتا بشراء اللازم له من إحدى الشركات الموجودة . وكان من الميسور الاتفاق مع إحداها على سعر مناسب وبعقد لمدة محدودة (خمس سنوات مثلا) يدرس خلال هذه المدة المشروع الكامل ويؤخذ قرار بصدده خصوصاً وأن القوى الكهربائية الموجودة لدى شركات التوليد الكهربائية فى ذلك الوقت كانت كافية لتزويد المشروع بالقوة اللازمة .علاوة على احتياجاتها مع القدر الكافى من الاحتياطى .

٢ — مشروع حسين بك سعيد :

قام حضرة النائب المحترم حسين بك سعيد أثناء إدارته لسكة حديد الرمل الكهربائية (إدارة النقل المشترك حالياً بالاسكندرية) باعداد مشروع لكهربة خط حلوان . .

ومشروع حسين بك سعيد وإن كان يتفق مع مشروع السير فيليب داوسون فى نوع التيار وجهده (١٥٠٠ فولت تيار مستمر) وعدد المحطات الفرعية إلا أنه يختلف عنه فى نقطة جوهرية هامة فهو يرى عمل قطارات ذات حجم أصغر وأخف فى الوزن وإنما تكون الفترة بين القطارات أصغر من التى اقترحها السير فيليب داوسون ومن ذلك يتضح أن حضرته يرى التضحية بجزء من سرعة القطارات الكهربائية وذلك فى مقابل اقتصاد كبير فى نفقات

كهربة الخط ترجع إلى خفة وزن القاطرات وبالتالى إلى رخصها وإلى الاقتصاد فى التيار الكهربائى اللازم لتشغيلها . وكانت القطارات التى اقترح حسين بك سعيد تسييرها يتكون بعضها من عربتين والبعض الآخر من عربة واحدة وتسع العربة الواحدة منها خمسين راكبا وتقتصر على درجتين ثلثها اركاب الدرجة الأولى والباقى للدرجة الأخرى . كما رأى عزته أن تصنع صناديق وشاسيهات هذه العربات بمصانع سكة حديد الرمل الكهربائية بالاسكندرية لما لها من الخبرة فى تلك الأعمال .

وكذلك اقترح حسين بك سعيد استخدام المقوم الزئبقى (Mercury Arc Rectifier) فى تحويل التيار الكهربائى من المتغير إلى التيار المستمر بدلا من المحولات الدائرة التى اقترحها السير فيليب داوسون . وسنرى فيما بعد الفرق بين كل من النوعين ولقد قدر كتكاليف لهذا المشروع مبلغ ١٦٠,٠٠٠ جنيه كان سيصرف أكثر من نصفها فى مصر وذلك مقابل ٣٠٠,٠٠٠ جنيه يتكلفها مشروع السير فيليب داوسون .

٣ — مشروع السيد بك فهمى :

وفى عام ١٩٤٣ قام حضرة صاحب العزة السيد بك فهمى عميد كلية الهندسة بجامعة فاروق الأول حاليا أثناء قيامه بأعباء منصب المفتش العام بمصلحة سكك حديد الحكومة المصرية باعداد مشروع لكهربة خط حلوان وكانت أهم خواص مشروعه هى دراسة ناحية جديدة وهى امكان استخدام التيار المتغير ذو الثلاثة الأوجه للسلك الهوائى ولقد خطى هذا النوع من التيار خطوات واسعة فى السنين الأخيرة كما قام عزته بعمل مقارنة تكاليف الانشاء للتيار المستمر التى قدرها عزته بمقدار ٢٧٢,٠٠٠ جنيه مقابل ٢٢٤,٥٥٠ جنيها للتيار المتغير وذلك بوفر قدره ٤٧٤٥٠ جنيها فى مصلحة الأخير وذلك على أساس أسعار ما قبل الحرب . كما قدر بأنه لاوفر يذكر فى المصاريف السنوية بين الاثنين . على أن عزته ترك البت فى تفضيل العمل بأحدهما حتى يتقرر تنفيذ المشروع بصفة نهائية . وسندرس هذه النقطة بالذات فى المشروع الذى نتقدم به .

جدول مقارنة بين عدد الركاب اليومى للكيلومتر الواحد على كل من خطوط المرج وحلوان والقناطر

الخط	طوله بالكيلومترات	١٩٣٧			١٩٣٨			١٩٣٩			١٩٤٠		
		عدد الركاب السنوى	عدد الركاب اليومى	عدد الركاب اليومى للكيلومتر الواحد	عدد الركاب السنوى	عدد الركاب اليومى	عدد الركاب اليومى للكيلومتر الواحد	عدد الركاب السنوى	عدد الركاب اليومى	عدد الركاب اليومى للكيلومتر الواحد	عدد الركاب السنوى	عدد الركاب اليومى	عدد الركاب اليومى للكيلومتر الواحد
المرج	١٤	١٠,٨ × ١٠^٦	٢٩,٦٠٠	٢١٢٠	١١ × ١٠^٦	٣٠,٢٠٠	٢١٦٠	١١,٢ × ١٠^٦	٣٠,٧٠٠	٢١٩٠	٩,٩ × ١٠^٦	٢٧,١٠٠	١٩٣٥
حلوان	٢٥	٦,٧ × ١٠^٦	١٨,٣٥٠	٧٣٤	٦,٢ × ١٠^٦	١٧,٠٠٠	٦٨٠	٧,١ × ١٠^٦	١٩,٤٥٠	٧٨٠	٨,٣ × ١٠^٦	٢٢,٧٥٠	٩١٠
القناطر	٢٣	٣,٨ × ١٠^٦	١٠,٤٠٠	٤٥٠	٤,٢ × ١٠^٦	١١,٥٠٠	٥٠٠	٢,٨ × ١٠^٦	٧,٦٨٠	٣٣٤	٣,٢ × ١٠^٦	٨,٧٧٠	٣٨٠

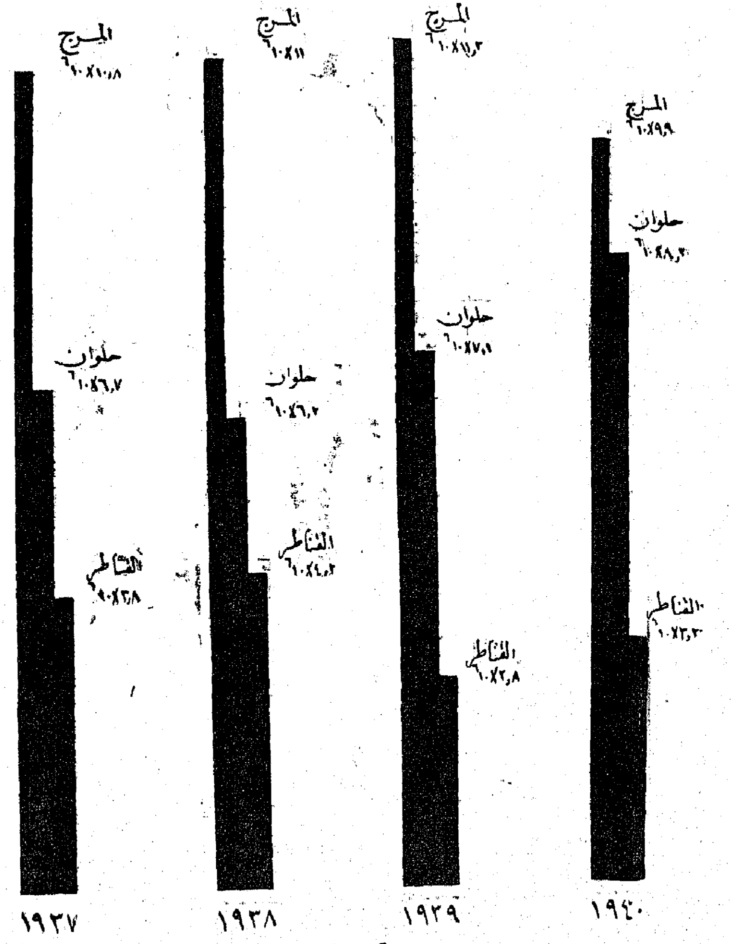
شكل (٣)

٤ ـــ خط المرج والفرق بينه وبين خط حلوان

يبلغ طول الخط من كوبرى الليمون إلى المرج ١٤ كيلومتر تقريبا والخط مزدوج إلى عين شمس التى تقع على مسافة ١١ كم من كوبرى الليمون وبعد عين شمس يسير الخط مفرداً إلى المرج

وينحصر الفرق بين خطى حلوان والمرج فى النقط الآتية :

(ا) بينما نجد أن العمران على خط حلوان مركز فى مناطق محدودة كما

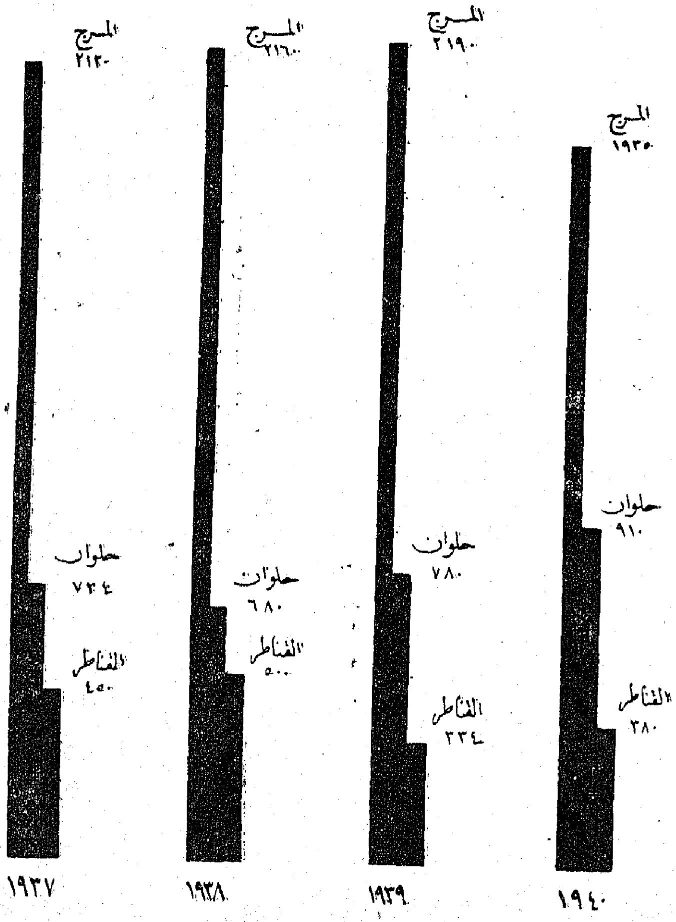


(شكل ٤)

ــــ رسم بيانى لمقارنه عدد الركاب السنوى على كل من خطوط المرج وحلوان والقناطر

أن أهم ضاحية على هذا الخط تقع فى آخره — إذ بنا نجد أن العمران على خط المرج يبدأ كثيفا فى أوله ويقل تدريجا كلما اقتربنا من نهايته .

(ب) عدد الركاب السنوى على خط المرج أكبر منه على خط حلوان (انظر الشكل رقم ٤) كما نلاحظ أيضا أن الكثافة الكيلومترية للركاب المنقولة يوميا على خط المرج تبلغ ثلاثة أضعاف مثيلتها على خط حلوان (شكل رقم ٥)



(شكل ٥)

٥ — رسم بيانى لمقارنة الكثافة الكيلومترية لعدد الركاب اليومى على كل من خطوط المرج وحلوان والقناطر

ومن ذلك يتضح لنا أن كهربة خط المرج أفيد كثيراً وأدعى من كهربة خط حلوان .

جـ — المسافة بين المحطات على خط المرج أصغر منها على خط حلوان وبينما نجد أن متوسط المسافة بين المحطات على خط حلوان ٢٨٠٠ مترا إذ بنا نجدها على خط المرج ١٢٧٠ متراً ولهذه الخاصية أهمية كبيرة عند احتساب قوة المحركات وسرعتها النهائية والمتوسطة .

العيب المشترك لكل من خطى المرج وحلوان :

ولكن فى الوقت نفسه نرى أن كلا من خطى حلوان والمرج يقاسيان من عيب مشترك وهو أن الأول ينتهى بالقرب من جنوب المدينة ويبعد عن المراكز الهامة فيها . كما أن خط المرج ينتهى بالقرب من شمال المدينة . وهذا مما يضطر ركاب الخطين إلى أخذ مواصلات اضافية للانتقال إلى مراكز أعمالهم ، ولذا فيجب أن نعمل على وصل الخطين بمنتصف المدينة عند التفكير فى تحسين حالة الخطين وذلك بوصلهما ببعض داخل المدينة .

عدد الركاب على خط المرج فى الأعوام ١٩٣٧ — ١٩٤١

عام ١٩٣٧ / ١٩٣٨

درجة أولى	٢٢,٩٩٤
درجة ثانية	٤٧٦,٨٢٥
درجة ثالثة	٥١٧٨,١٩٩
	٥,٦٧٨,٠١٨
حاملى الاشتراكات ١٤٢٢٣ × ٣٦٥ = ٥١٩٥٠٤٥	٥,١٩٥,٠٤٥
عدد الركاب السنوى	١٠,٨٧٣,٠٦٣

عام ٣٨ / ١٩٣٩

درجة أولى	١٤,٦٨١
درجة ثانية	٤٨٣,٦٥٣
درجة ثالثة	٥,٢٠٤,٧٠٢
	٥,٧٠٣,٠٣٦
حاملي الاشتراكات ١٤,٦٨١ × ٣٦٥ = ٥٣٥٨٥٦٥	٥,٣٥٨,٥٦٥
عدد الركاب السنوى	١١,٠٦١,٦٠١

عام ٣٩ / ١٩٤٠

درجة أولى	١٧,٧١٥
درجة ثانية	٥٠٣,٨٧٦
درجة ثالثة	٥,٢٣٤,٥٥٧
	٥,٧٥٦,١٤٨
حاملي الاشتراكات ١٥,١٧٣ × ٣٦٥ = ٥٥٣٨١٤٥	٥,٥٣٨,١٤٥
عدد الركاب السنوى	١١,٢٩٤,٢٩٣

عام ٤٠ / ١٩٤١

درجة أولى	١٤,٩٥٨
درجة ثانية	٥١٠,٩٧٦
درجة ثالثة	٤,٩٢٩,٨٥٥
	٥,٤٥٥,٧٨٩
حاملي الاشتراكات ١٢,٣٧٥ × ٣٦٥ = ٤٥١٦٨٧٥	٤,٥١٦,٨٧٥
عدد الركاب السنوى	٩,٩٧٢,٦٦٤

٥ ـ خط القناطر ومقارنته بخطى حلوان والمرج

لا يمكن لنا أن نستكمل بحث كهربة خطى حلوان والمرج بدون أن ندرس فى الوقت نفسه خط القناطر لأنها معتبرة هى الأخرى ضاحية من ضواحى مدينة القاهرة .

يبلغ طول هذا الخط ٢٣ كيلومترا ويشترك مع الخط الرئيسى مصر بنها إلى قليوب وهناك يتفرع منه وبذلك فان أول عقبة سنصطدم بها عند كهربة هذا الخط هى وجوب فصل هذا الخط عن الخط الرئيسى .

ويبلغ عدد الركاب فى متوسط السنين ٣٧ ـ ١٩٤٠ عشرة آلاف راكب يوميا أى أن عدد الركاب فى الكيلو متر الواحد يبلغ فى المتوسط ٤٥٠ راكب يقابله ٧٥٠ راكب على خط حلوان و ٢١٠٠ راكب على خط المرج .

وفى الجدول شكل (٣) مقارنة بين هذه الخطوط الثلاثة .

ولذلك فاننا نرى من هذه المقارنة مضافا اليها المصاريف الاضافية لانشاء خط جديد بدلا من كهربة خط موجود حاليا أن الحالة غير ملحة جداً فى الوقت الحاضر . واقترح لتحسينه نقل مركبات الديزل المخصصة لخط حلوان حاليا على هذا الخط وعمل قطار كل ١٥ دقيقة فى أوقات الزحام وكل ٣٠ دقيقة فى الأوقات العادية وكل ساعة فى الأوقات الفاترة وذلك بدلا من قطار كل ساعتين كما هو الحال الآن .

وسيؤدى ذلك النظام بلا شك إلى تحسين الخط وزيادة الأقبال عليه وبذلك قد يسمح لنا بعد مدة وجيزة إعادة دراسة فصله عن الخط الرئيسى وكهربته .

عدد الركاب على خط القناطر للاعوام ١٩٣٧ — ١٩٤١

عام ١٩٣٨/٣٧

درجة أولى	٨,٣١٢
درجة ثانية	١٠١,٢٩٠
درجة ثالثة	١,٨٥٣,٨١٢
	١,٩٦٣,٤١٤
حاملى الاشتراكات ٥٢٩٢ × ٣٦٥ =	١,٩٣١,٥٨٠
مجموع الركاب السنوى	٣,٨٩٤,٩٩٤

عام ١٩٣٩/٣٨

درجة أولى	٧,٨٧٠
درجة ثانية	١٠١,٩٣٧
درجة ثالثة	١,٩٢١,١٩١
	٢,٠٣٠,٩٩٨
حاملى الاشتراكات ٥٩٧٠ × ٣٦٥ =	٢,١٧٩,٠٥٠
مجموع الركاب السنوى	٤,٢١٠,٠٤٨

عام ١٩٤٠/٣٩

درجة أولى	٥,٦٠٦
درجة ثانية	٨٦,٦٢٣
درجة ثالثة	٧٨٢,٥٩٣
	٨٧٤,٨٢٢
حاملى الاشتراكات ٥٣٥٨ × ٣٦٥ =	١,٩٥٥,٦٧٠
مجموع الركاب السنوى	٢,٨٣٠,٤٩٢

عام ٤٠/١٩٤١

درجة أولى	٤,٥٤٤
درجة ثانية	٦٥,٨٤٠
درجة ثالثة	١,٦٦٧,٠٨٣
	١,٧٣٧,٤٦٧
حاملى الاشتراكات ٤٢٤٩ × ٣٦٥ =	١,٥٥٠,٨٨٥
مجموع الركاب السنوى	٣,٢٨٨,٣٥٢

٦ — المشاريع السابق اقتراحها لوصل الخطين ببعض ومشروع جديد المحاضر

ولقد تقدمت عدة اقتراحات لوصل الخطين ببعضهما داخل المدينة :

أولا — بواسطة سكة حديد مرتفعة عن الأرض — أى على كوبرى مرتفع عن الأرض ولكن هذا النوع فضلا عن أنه غير مألوف فى مصرفاته يشوه شكل المدينة .

ثانيا — بواسطة نفق عميق مستقيم على نظام التيوب (Tube) فى لندن يقام بين محطتى باب اللوق وكوبرى الليمون ولكن لذلك عيوب كثيرة :

(ا) عدم صلاحية التربة وارتفاع مياه الرشح خلال الطبقات الأرضية لمدينة القاهرة وكلنا نذكر الصعوبات التى واجهها تنفيذ نفق السبتية لقرب المياه الأرضية .

(ب) فداحة تكاليفه حتى فى حالة امكان تنفيذه عملياً والصعوبات الفنية التى تقابلنا فى التخلص من مياه الرشح . وكذا الأخطار التى يتعرض لها المشروع نتيجة لغمر النفق بمياه الرشح أو مياه المجارى .

ثالثا — نفق بالقرب من سطح الأرض ويغطى بالأسمنت المسلح أسوة بما هو متبع فى المترو بوليتان بباريس . ولقد تقدم على هذا الأساس مشروعين أحدهما للسير فيليب داوسون وهو الخبير الذى انتدبته الحكومة المصرية عام ١٩٣٤ لدراسة مشروع كهربة خط حلوان ، والآخر لحسين بك سعيد مدير سكة حديد الرمل سابقا وسنلخصها فيما يلى :

مشروع السير فيليب داوسون لوصل الخطين :

اقترح جنابه أن ينتهى خط حلوان عند محطة السيدة زينب التى ستنتقل إلى شارع المبتديان بدلا من وضعها الحالى انظر الخريطة شكل (٦) ثم يسير الخط فى نفق تحت الأرض مخترقا شارع الدواوين كله ثم شارع المدابغ

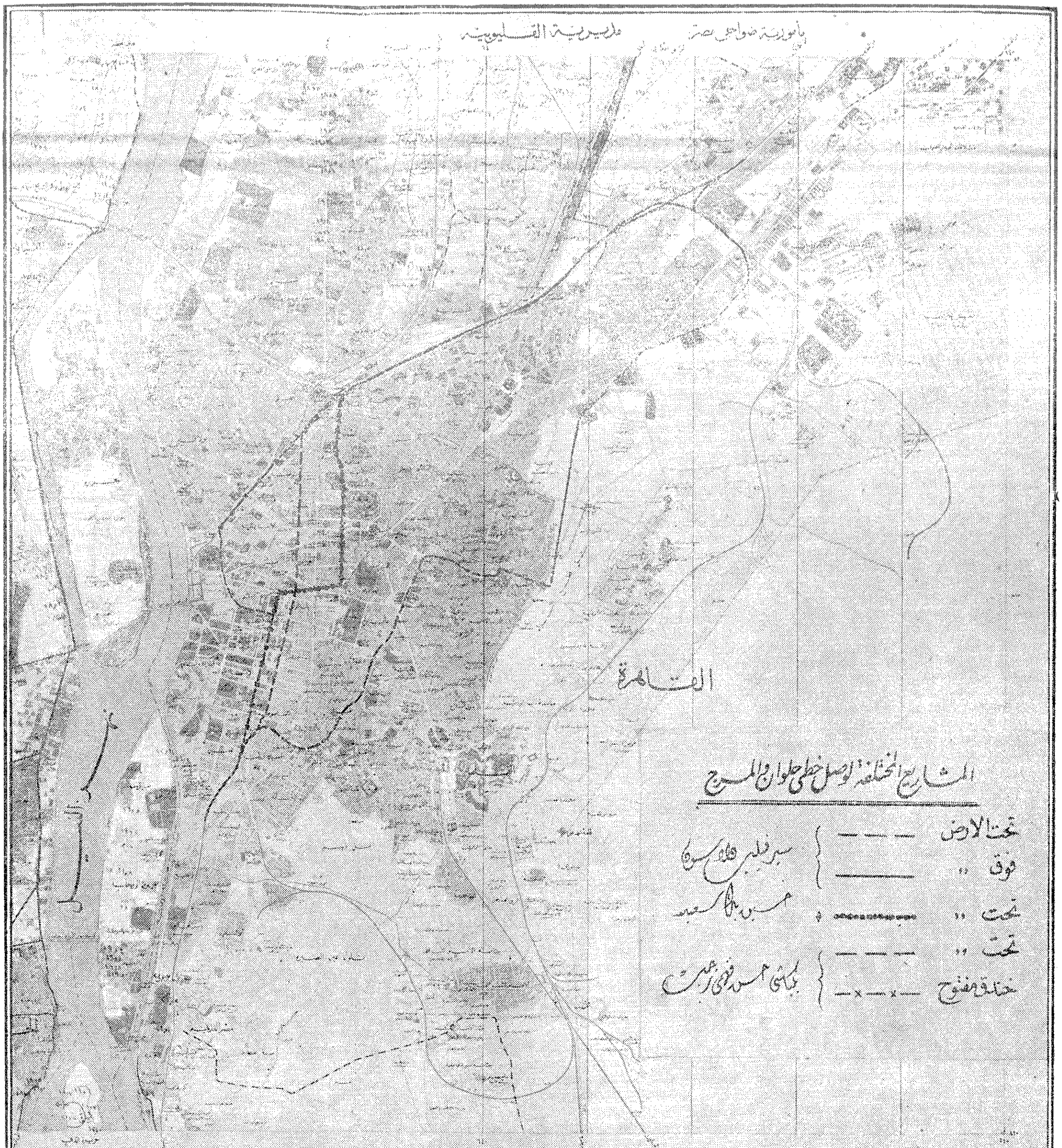
وامتداده إلى شارع توفيق ثم يصل إلى محطة مصر عن طريق شارعى توفيق والمدبولى ويمر من أمام مدخل المحطة القبلى ، ثم يمر من تحت محطة كوبرى الليمون ويظهر ثانية فوق سطح الأرض تدريجيا حتى يتصل بخط المرج الحالى .

كما اقترح جنابه أن تعمل وصلة أخرى بين خطى حلوان والمرج تبدأ خلف سراى الزعفران حيث يتفرع من خط المرج فرع جديد ينحدر تحت سطح الأرض إلى اليمين فيمر تحت خط مترو مصر الجديدة وخط قطارات بضائع طره ثم يستأنف سيره كما هو مبين فى الخريطة شكل (٦) تحت شوارع العباسية وعظيم الدولة وجرانفل رود والسرايات والسرجانى ، ثم يظهر ثانيا فى الشارع الجديد الواقع بين حد العاصمة الشرقى وجهة قايتباى ، ولما يصل الخط إلى امتداد شارع الأزهر الجديد يختفى تحت الأرض ثانيا ويمر تحت شارع الأزهر وشارع الخليج حتى يصل إلى محطه السيدة زينب التى بدأ فيها وبذلك يكمل سيره الدائرى فى المدينة نفسها .

وعند محطة السيدة زينب يلتحم الخط السائر تحت شارع الدواوين بالخط السائر تحت شارع الخليج فينشأ عن ذلك خط جديد يتصل بخط حلوان ويظهر إلى الهواء الطلق تدريجياً . ولا يغير شىء فى طريق الخطين الحاليين الممتدين من السيدة زينب إلى حلوان ومن حدائق القبة إلى المرج ويقتصر على عمل اللازم لحذف المزلقانات .

وكان أهم مالاحظته فى تقرير جنابه هو تقديره تكاليف المتر الطولى فى النفق تحت شوارع مدينة القاهرة بمبلغ خمسون جنيها !! وبنى كل حساباته على هذا الأساس . وإنى أعتقد أن هذا المبلغ زهيد جداً (بالرغم من رخص الأسعار فى الوقت الذى قام فيه بعمل مقايسته) .

ولقد قمت مبدئيا بعمل مقايسة فوجدت أنها لاتقل عن عشرة أمثال هذه القيمة فى الوقت الحالى .



(شكل ٦) المشاريع المختلفة لوصل خطى حلوان والمرج

اقتراح حسين بك سعيد لوصل خط حلوان بخط المرج :

كانت فكرة حسين بك سعيد أن ينتهى خط حلوان عند ميدان الأزهار حيث تنشأ محطة كبيرة تحت الأرض ثم يمر بعد ذلك فى نفق تحت شارع كوبرى قصر النيل إلى شارع عابدين (انظر الخريطة شكل ٦) وهناك ينحرف إلى اليسار ويتبع النفق شارع عابدين إلى شارع كامل ثم إلى ميدان المحطة حيث يتصل بمحطة كوبرى الليمون .

وأهم ميزة فى هذا المشروع أنه يمر بأقصر مسافة من محطتى باب اللوق وكوبرى الليمون وبوسط المدينة فى الوقت نفسه . وفى نظرى أن هذا المشروع أصلح بكثير من المشروع السابق اقتراحه للسير فيليب داوسون كما أنه يقل كثيراً عنه فى التكاليف مع قيامه بنفس الغرض الأساسى وهو وصل كل من الخطين بوسط المدينة وبالتالى وصل أحدهما بالآخر .

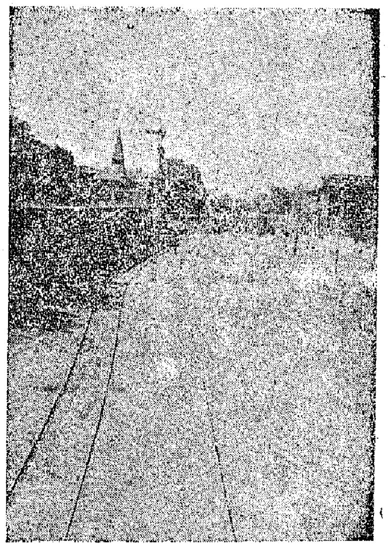
مشروع المحاضر :

أما المشروع الذى اقترحه فهو أبسط من ذلك بكثير وأقل كثيرا فى النفقات لأنه يتبع الخط الحديدى الموصل حاليا إلى الانتكخانة والذى أقترح أن يسير من المحطة إلى باب اللوق كما هو مبين على الخريطة (شكل ٧)

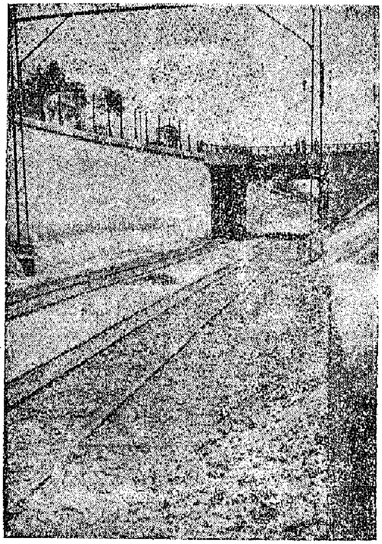
ففى الخريطة المذكورة يسير الخط فى نفق أرضى من محطة باب اللوق إلى حمام وزارة المعارف عن طريق ميدان الاسماعيلية ويبلغ طول هذه المسافة ١١٠٠ متر . ويبلغ تكاليف المتر الطولى فى هذا النفق ٣٠٠ جنيه تقريباً ثم يسير الخط بعد ذلك فى خندق مفتوح فى الخط الحديدى الموجود حاليا إلى خلف مصلحة التليفونات وهناك يدخل فى شارع سيدى المدبولى ويستمر فيه إلى نهايته . ويبلغ طول هذه المسافة ١٦٠٠ متر .

وبهذه المناسبة يجدر بنا أن نذكر أن شارع سيدى المدبولى هذا قد فقد كل أهميته حاليا بعد انشاء نفق السبتية الجديد وبذلك فان هذا الخندق لا يضايق حركة المرور فى شىء .

وتبلغ تكاليف المتر الطولى فى هذا الخندق المفتوح حوالى ١٥٠ جنيها مصريا ثم يستمر الخط بعد ذلك فى نفق تحت ميدان المحطة إلى محطة كوبرى الليمون ويبلغ طول هذه المسافة ٣٠٠ متر ويتكلف المتر الطولى فيها ٣٠٠ جنيه مصرى .



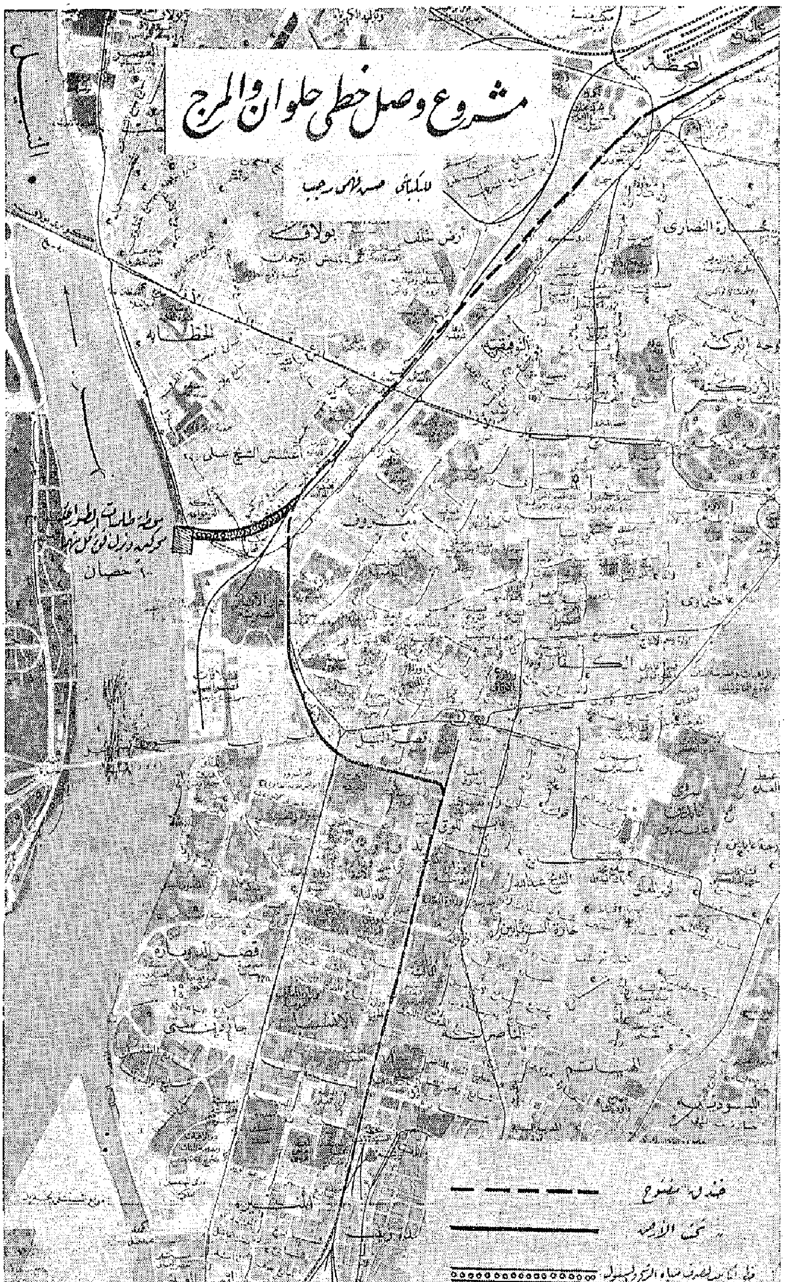
شكل (٨)
صورة تبين جزء من الخط الحديدى الذى يصل قشلاق قصر النيل بمحطة مصر



شكل (٩)
الخندق المفتوح الذى يسير فيه حاليا مترو مصر الجديدة بالقرب من منشية البكرى والذى نقترح أن يبنى على نظام الجزء المفتوح من الوصلة بين خطى حلوان والمرج

وعلى ذلك فان تكاليف هوا المشروع تبلغ :

نفق بين باب اللوق — حمام وزارة المعارف	٢٣٠,٠٠٠	جنيه
خندق بين حمام وزارة المعارف — نهاية شارع سيدى المدبولى	٢٤٠,٠٠٠	»
نفق ميدان المحطة	١٩٠,٠٠٠	»
مجموع تكاليف الوصلة	٦٦٠,٠٠٠	»



شكل (٧)

مشروع البكباشى حسن فهمى رجب لوصل خطى حلوان والمرج

مزايا مشروع المحاضر :

ان المشروع الذى أعرضه وإن كان حقيقة لا يمر وسط المدينة وهو ميدان الاوبرا أو ميدان الملكة فريدة إلا أنه بالرغم من ذلك يمر خلال منطقة من أهم مناطق المدينة وأهم مزاياه :

أولا — اننا لا نحتاج فيه لأعمال نزع ملكية .

ثانيا — لا يتعطل المرور أثناء تنفيذه فى شوارع هامة داخل المدينة .

ثالثا — تكاليفه أقل كثيراً عن أى من المشاريع السابقة لأنه يسمح لنا باستغلال جزء من الخط الحديدى الموصل لمعسكرات قصر النيل والذى فقد حاليا الكثير من أهميته .

رابعاً — لايستغرق تنفيذه وقتا طويلا .

خامسا — أعمال صرف مياه الرشح أو السيول والأمطار أسهل كثيرا عن باقى المشاريع الأخرى .

وسيكون صرف مياه الرشح عادة بواسطة طلمبات كهربائية تقام فى أماكن ملائمة . من الوصلة المزمع عملها وتصرف مياهها فى مجارى العاصمة أما فى أحوال الطوارىء الناشئة عن غمر النفق بمياه السيول أو الأمطار فستقام محطة خصيصا لذلك على النيل فى نهاية شارع الانتكخانة المصرية لصرف هذه المياه إلى النيل فى حالة غمر مجارى العاصمة بالسيول أو أى طوارىء أخرى .

٧ — نوع القطارات المقترح استعمالها عند الكهربة ودراسة امكان صنعها بمصر

إن مواصفات القطارات التى تقترح استعمالها ستتفق مع مواصفات :
The Electric Railway President Confererce Committee وهذه اللجنة صرفت ما يقرب من المليون ريال فى دراسة مواصفات لقطار كهربائى يمتاز بالخواص الآتية :

ا — رخص التكاليف .

ب — خفيف الوزن إذ تدخل نسبة كبيرة من الألومنيوم والبلاستيك فى صنعه .

حـ — ذو سرعة تجارية كبيرة نتيجة لعجلة ابتداء وتقصير كبيرتين وسرعة قصوى كبيرة .

ى — لا يحدث فى سيره ضوضاء أو جلبة لأن تحميل ياياته مركبة على جلب مطاط .

هـ — مريح للركاب .

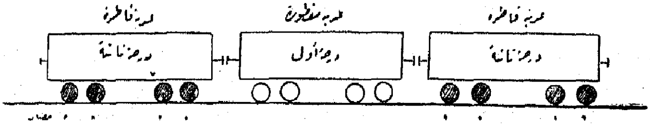
و — حسن المنظر .

ز — ذو تحسينات كبيرة فى إضاءته .

ع — له تسهيلات كبيرة فى الكشف عليه من الداخل ومن الخارج لتسهيل أعمال صيانته .

وسيتكون القطار من عربتين قاطرتين تتوسطهما عربة مقطورة وهو من النوع المسمى بالقطار المتبادل RversibleTrain (شكل ١٠) أى يمكنه أن يسير فى أى اتجاه وبذلك فلا يحتاج لعمل أى مناورات فى آخر الخط ليغير اتجاهه وهذا النوع مستعمل فى القطر المصرى فى جميع قطارات ادارة

النقل المشترك بالاسكندرية . وهى أول من أدخلته فى القطر المصرى وكذا فى بعض المركبات الجديدة بترام القاهرة التى تم صنعها أخيرا .



شكل (١٠)

نوع القطار المقترح استعماله على خط حلوان — المرج

وتسع كل عربة قاطرة ٨٠ راكبا وتبلغ وزنهافارغة ٢٥ طنا . وكل عربة قاطرة مجهزة بأربعة محركات قوة كل منها ٥٠ حصاناً — كما تسع كل عربة مقطورة ١٠٠ راكب وتبلغ وزنها فارغة ١٥ طنا

وبذلك فان وزن القطار الكلى = ٢٥ + ٢٥ + ١٥ = ٦٥ طن

وعدد الركاب = ٨٠ + ٨٠ + ١٠٠ = ٢٦٠ راكب

وقوة محركاته = ٤ × ٢ × ٥٠ = ٤٠٠ حصان

وسرعته القصوى = ٨٥ كيلو متر فى الساعة

ويمكن مقاونة هذا القطار بمترو مصر الجديدة الذى يتكون من :

قاطرة تسع ٨٠ راكبا وزنها ٣٠ طنا وبها أربعة محركات قوة كل منها ٥٠ حصانا وعربة مقطورة تسع ١٠٠ راكب وزنها ١٨ طناً .

أى أن وزن القطار = ٤٨ طن

وعدد ركابه = ١٨٠ راكب

وقوة محركاته = ٤ × ٥٠ = ٢٠٠ حصان

وسرعته القصوى = ٦٥ كيلو مترا فى الساعة

ويبلغ ثمن القطار الذى اقترحه على أسعار ما قبل الحرب :

عربتين قاطرتين ثمن كل منهما ٤٠٠٠ جنيه		٨٠٠٠ جنيه
عربة مقطورة ثمنها	٢٠٠٠ «	٢٠٠٠ «
		١٠٠٠٠ «

فاذا قدرنا أن الأثمان بعد الحرب أثناء تنفيذ المشروع ستعود إلى ضعف ما كانت عليه قبل الحرب فان ثمن القطار كاملا يبلغ ٢٠٠٠٠ جنيه مصرى

وستكون سرعة القطار المتوسطة كالآتى :

على القطاع حلوان — باب اللوق ٥٠ كيلو مترا فى الساعة أى يقطع هذه المسافة فى . . . . ٣٠ دقيقة

على القطاع باب اللوق — كوبرى الليمون ٣٥ كيلومتر فى الساعة أى يقطع هذه المسافة فى . . . . ٥ دقائق

على القطاع كوبرى الليمون — المرج ٤٥ كيلو مترا فى الساعة أى يقطع هذه المسافة فى . . . . ١٩ دقيقة

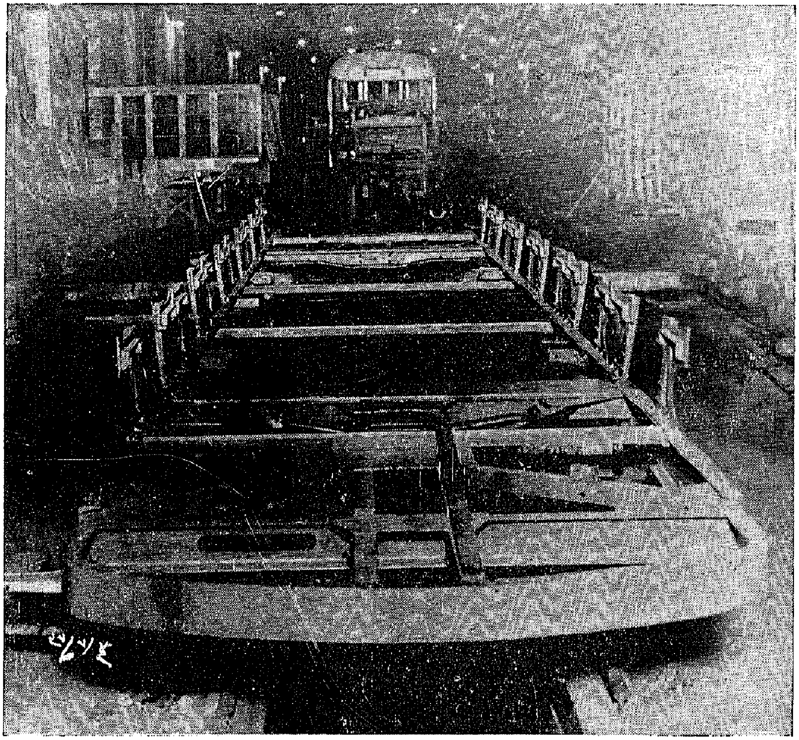
الوقت من حلوان إلى المرج ٥٤ دقيقة

وذلك مقابل ٤٥ دقيقة يقطع فيها القطار البخارى حاليا المسافة من حلوان إلى باب اللوق

امكان صنع هذه القطارات فى القطر المصرى

من الممكن جداً صنع أجسام هذه القطارات بالقطر المصرى بتكاليف تقل كثيراً عن استيرادها كاملة من الخارج ولا تحتاج من الخارج إلا للتروكس كاملة بالمحركات . وترينا الأشكال من ١١ إلى ١٥ بعض صور لقطار تم تصميمه وتنفيذه بسكة حديد الرمل الكهربائية أثناء خدمتى بها . وكان لى حظ المساهمة فى الاشراف على تصميمه وتنفيذه .

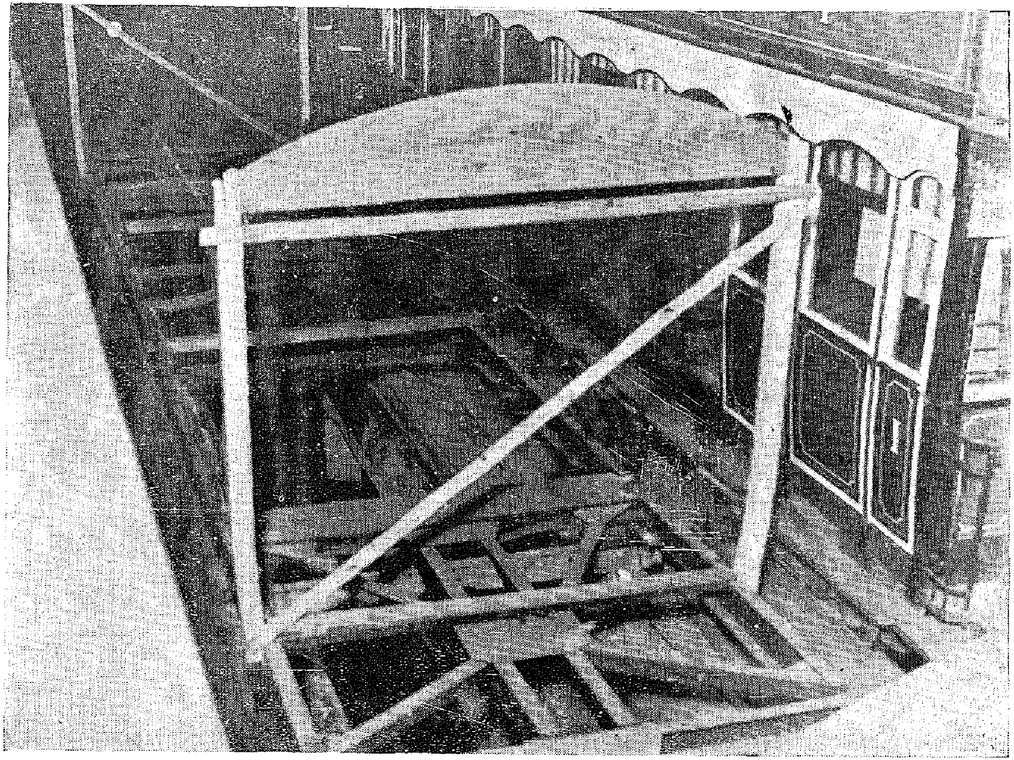
ولقد بلغت تكاليف هذا القطار مبلغ ٥٣٠٠ جنيه مصرى وعدد ركابه ١٣٨ جلوس و ٦٨ وقوف أى مجموع ركابه ٢٠٦ ووزن القطار ٤٨ طناً



شكل (١١)

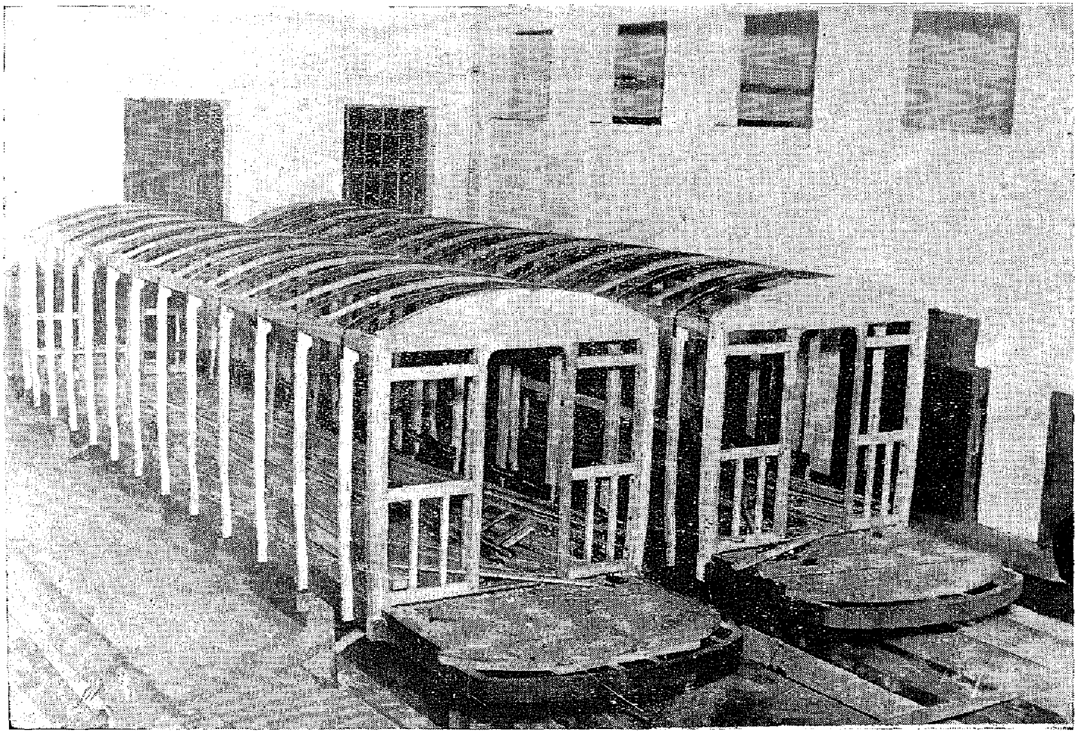
صورة تبين لنا المراحل الأولى فى بناء قطار كهربائى بأدارة النقل المشترك بالاسكندرية ولقد أتيحت للمحاضر فرصة الاشتراك فى تصميمه والاشراف على تنفيذه وتجربته أثناء ادارته لقسم الصيانة بالمصلحة المذكورة

والصورة تبين لنا شاسيه احدى العربات أثناء انشائه ونظام تشكيل الكمرات الحديدية المكونة له وكيفية وصل بعضها ببعض



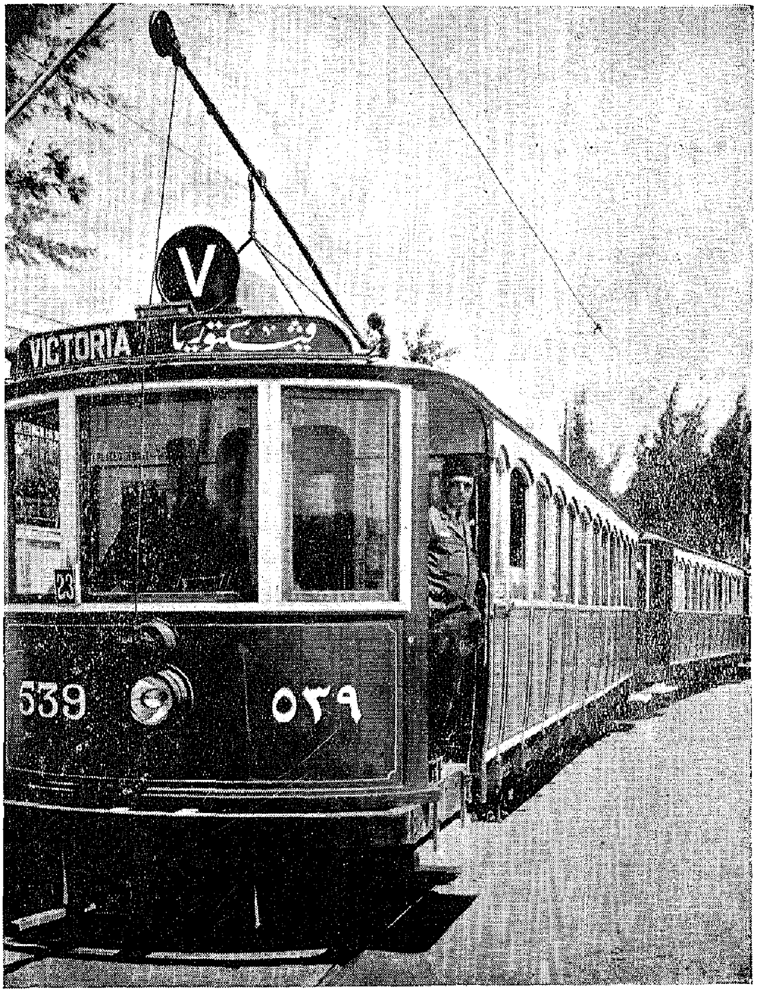
شكل (١٢)

تبين هذه الصورة المرحلة الثانية فى انشاء القطار وفيها ترى النهايات الخشبية
وقد تم تثبيتها مؤقتا على الشاسيه

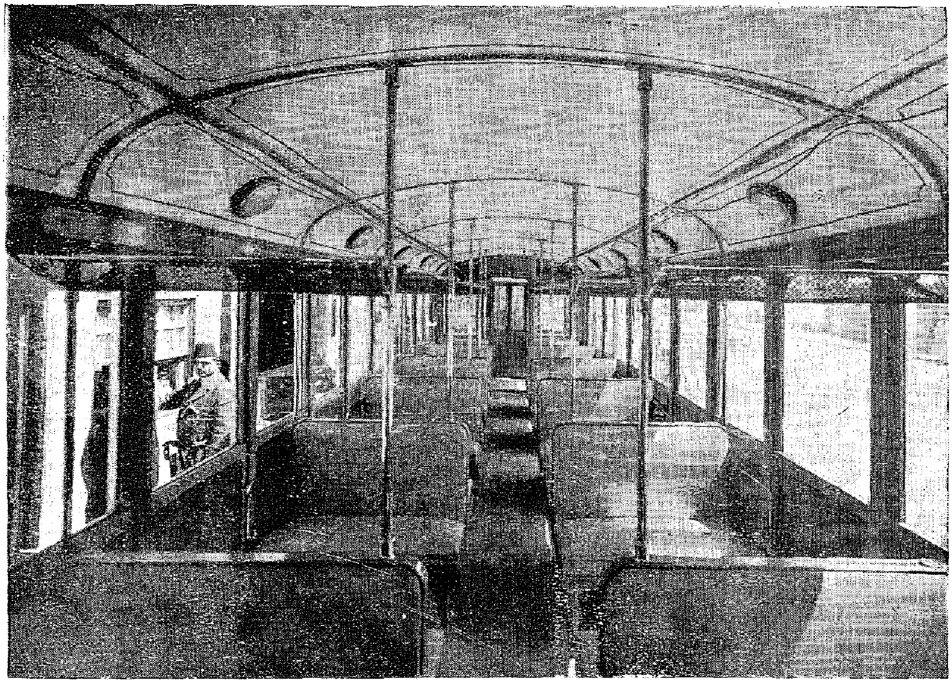


شكل (١٣)

تبين هذه الصورة المرحلة الثالثة فى بناء القطار وفيها نرى قوائم الأجناب الخشبية وقد تم تثبيتها على شاسيه العربة كما نرى أيضا الأقواس الخشبية المكونة للسقف وكيفية تقويتها بكمرات الصلب وتشكل هذه الأقواس من ألواح خشبية بواسطة البخار فى أفران مخصصة لذلك



شكل (١٤)
القطار الكهربائى وقد تم تصميمه وإنشائه وتجربته بأيادى مصرية صميمه يخرج للخدمة على الخط ويسع هذا القطار ٢٠٦ راكبا بمنتهى الراحة ووزنه فارغا ٤٨ طن وبلغت نفقات تكاليفه ٥٣٠٠ جنيها مصريا فى عام ١٩٣٧



شكل (١٥)

داخل مركبة الدرجة الأولى بالقطار وتعد بدون مغالاة من أخر مثيلاتها فى العالم كما أنها تعد مفخرة للعامل والمهندس المصريين وتثبت لنا امكان قيامهما بما يبدو مستحيلا إذا توفر لهما التشجيع الكافى والتوجيه الصحيح .

٨ — نوع التيار الكهربائى المقترح استعماله والاسباب التى أدت إلى اختياره

أمامنا الخيار بين أربعة أنواع من التيارات الكهربائية لتغذية هـذه الشبكة من الخطوط الحديدية وجميع هذه الأنواع مستعملة فى جهات مختلفة من العالم ولكل منها مزاياه وعيوبه .

أولا — التيار المتردد ذو الوجه الواحد وضغط يتراوح بين ١٦٠٠ إلى ٦٠٠٠ فولت وذبذبة تتراوح بين ⅔ ١٦ و ٢٥ ذبذبة فى الثانية .

ثانيا — تيار متردد ذو ثلاثة أوجه وضغط يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٥٠٠٠ فولت ٢٥ أو ٥٠ ذبذبة فى الثانية ذو سلكين هوائيين لكل من الوجهين والوجه الثالث بواسطة القضبان .

ثالثا — تيار مستمر ذو ضغط متوسط يتراوح بين ٥٥٠ و ٧٥٠ فولت

رابعاً — تيار مستمر ذو ضغط عال يتراوح بين ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ فولت

أولا — التيار المتردد ذو الوجه الواحد

أهم مزايا هذا النوع من التيار الكهربائى أنه يسمح لنا باستخدام تيار ذو ضغط عالى فى سلك الترولى وبذلك لا يحتاج لعدد كبير من المحطات الفرعية ثم يمكننا بواسطة محولات كهربائية Transformers مركبة فى القطار تحويل هذا الضغط العالى بطريقة اقتصادية إلى ضغط منخفض للمحركات (عادة ٣٠٠ فولت) .

ولكن عيوب هذا النوع من التيار هو زيادة حمل القطار بسبب المحولات الكهربائية الثقيلة الوزن وكذا وزن المحركات ذو الوجه الواحد وهى عادة أثقل من النوع الذى يعمل على التيار المستمر .

وعلاوة على ذلك فان لهذا النوع من التيار تأثير سيء على أى خطوط سلكية للتليفونات أو التلغراف الموضوعة بالقرب من الخطوط التى تعمل

عليها وذلك بسبب الشرر الذى يتولد منها أثناء الدوران (ويلاحظ أن هذا التأثير لا يوجد فى حالة التيار المتردد ذو الثلاثة أوجه) .

كما أنه من أهم عيوب استعمال هذا النوع فى بلادنا هو صعوبة الحصول من أى مصدر خارجى على التيار اللازم لتشغيله لأنه سيسبب اختلال كبير في الشبكة الكهربائية وبذلك سنضطر لتوليده أولتحويله من الشبكات الحالية بواسطة محولات دائرةوجودة هذهالمحولات منخفضة كما أنهامرتفعة التكاليف .

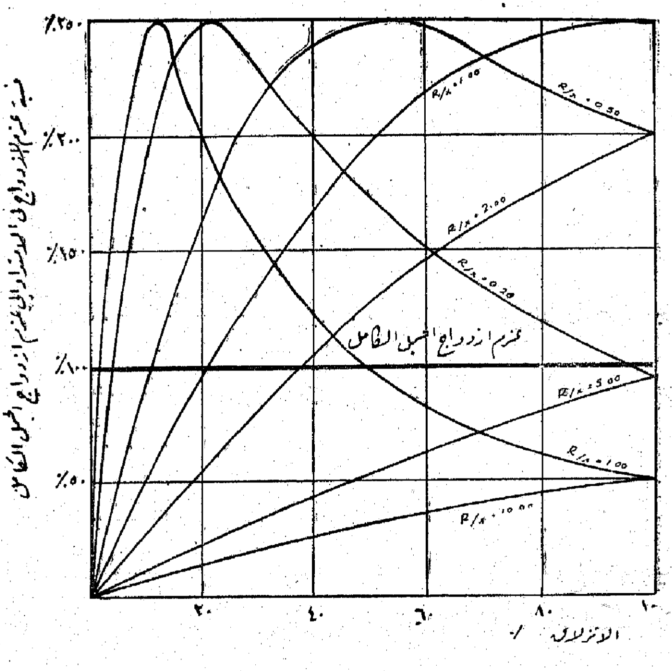
ثانيا — استخدام التيار المتردد ذو الثلاثة أوجه

لهذا النوع من التيار مزايا عظيمة جداً خصوصاً بعد الخطوات العظيمة التى تقدمها فى السنين الأخيرة وبهذهالمناسبة يجدر بنابالرغممن كلالحوادث ألا ننسى فضل إيطاليا فى هذا التقدم فلقد قامت من وسط الأمم تستخدم هذا النوع من التيار فى سككها الحديدية وأمكنها أن تذلل معظم العقبات التى قامت فى سبيل ذلك .

والتيار المتردد ذو الثلاثة أوجه المستعمل هو نفس التيار المولدفى المحطات الكهربائية فما علينا إلا تخفيض ضغطه العالى بواسطة محولات كهربائية ذات جودة كهربائية عالية ولا تحتاج لأى متاعب فى صيانتها بعكس التيارالمستمر الذى يحتاج إما لمحولات دائرة (Rotary Converters) أو مقومات زئبقية (Mercury Arc Rectifiers) كما أن المحركات ذو الثلاثة أوجه كما نعلملا تسببأى متاعب فىصيانتها إذا قارناها بالمحركاتذو التيار المستمر لوجودعضوالتوحيد (Commutator)بالأخيرة . وهذه هى الأسباب الوجيهة التى دعت السيد بك فهمى لأن يفاضل بين هذا النوع منالتيار والتيارالمستمر لكهربةخط حلوان لرخصه وخلوه من المتاعب كما سبق ذكره . ولكن فى الحقيقة أن هذا النوع إذا صلح لخط حلوان لقلة عدد محطاته وطول المسافات بين المحطات وبعضها إلا أنه لا يصلح إذا ما فكرنا فى وصل حلوان بباقى الخطوط كخط المرج

مثلا . لأن للتيار المتردد ذو الثلاثة أوجه فى الخطوط ذات المسافات القصيرة عيوب كثيرة وأهمها :

أولا — ضعف عزم الابتداء (Starting Torque) الذى لا يزيد عن مرتين ونصف عزم ازدواج الحمل الكامل فى أحسن الحالات شكل (١٦) أما فى حالة التيار المستمر فان عزم الابتداء يمكن أن يصل إلى ١٠ أضعاف عزم الحمل الكامل .



شكل (١٦)
نسبة عزم ازدواج الابتداء الى عزم الحمل الكامل فى حال المحرك ذوالثلاثة أوجه

ثانيا — لا نحصل من هذه المحركات على جودة كهربائية عالية إلا فى سرع قريبة من السرعة السنكرونية (Synchronous speed) أى فى أعلا

سرعته أما إذا حاولنا تحسين هذه الجودة فى السرع الأخرى فانه لا يمكننا الوصول إلى ذلك إلا بطرق تكلف كثيرا مثل طريقة (Concatination)

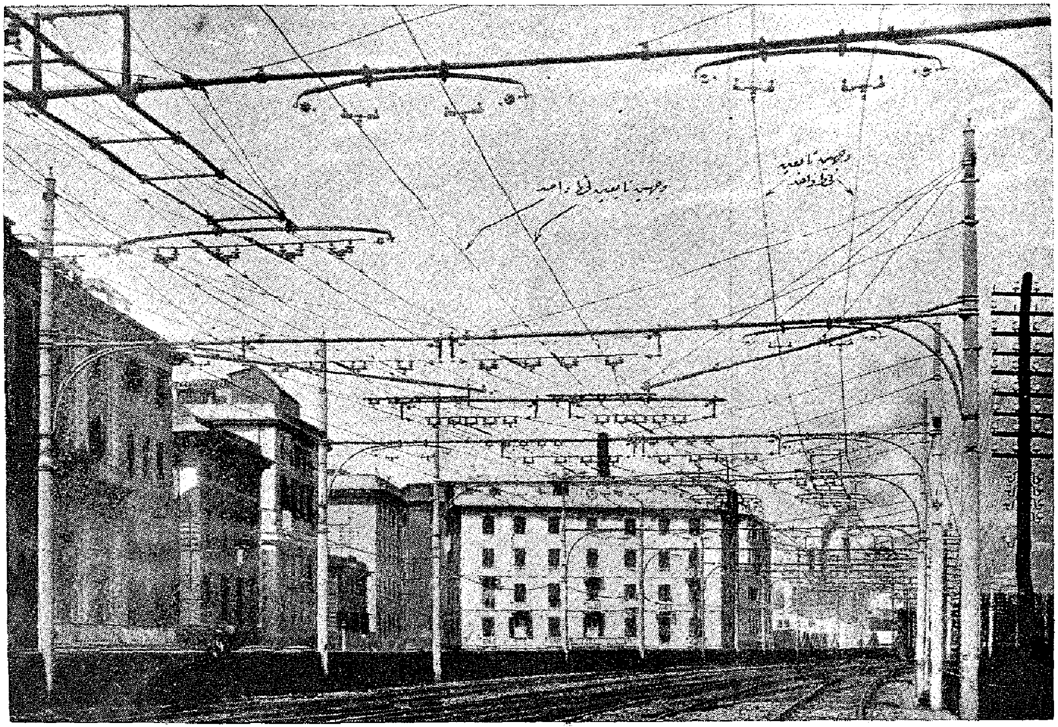
ثالثا — وعلاوة على ذلك فاننا نضطر فى هذا النوع من التيار إلى استعمال سلكين هوائيين واحد لكل من الوجهين ويتصل الوجه الثالث بواسطة القضبان وعلى ذلك فيستلزم الأمر اتخاذ الحيطة فى عزل هذين السلكين . كما أن وجود السلكين يستلزم الكثير من الصعوبات ويؤدى إلى تعقيد الخط خصوصا عند الابر والمواصلات كما يبدو لنا من الشكل (١٧)

ثالثا — استخدام التيار المستمر ذو الضغط المتوسط (٥٥٠ فولت)

يعطينا التيار المستمر مزايا عظيمة فى السكك الحديد الكهربائية — فباستعمال المحرك على التوالى (Series Motor) يعطينا عزم ابتـــداء (Staring Torque) كبير نسبيا .

وتبلغ النسبة $\frac{\text{عزم الابتداء}}{\text{عزم الحمل الكامل}}$ من ٣ : ١٠ فى حالة المحركات ذات العجلة الكبيرة بينما هذه النسبة لا تزيد عن ١,٥ : ٢,٥ فى حالة المحركات ذات الثلاثة أوجه كما تقدم ذكره .

كما أن صيانة هذا النوع من المحركات أقل نفقات من المحركات ذو الوجه الواحد للتيار المتردد . على أنه قد يوجه بعض اللوم لهذا النوع من التيار بدعوى عدم امكان استعماله فى الأغراض الأخرى خلاف السكة الكهربائية ولكن إذا علمنا أنه حتى فى حالة استعمال التيار المتردد سواء كان ذو وجه واحد أو ثلاثة أوجه يستلزم ذبذبة معينة (١٦⅔ أو ٢٥ ذبذبة فى الثانية) وهذه أيضاً لا يمكن استعمالها فى الأغراض الصناعية الأخرى إذ لعلمنا أنه مهما كان نوع التيار المستعمل للخط الكهربائى فانه من النادر امكان استعمال هذا التيار على حالته للاغراض الصناعية الأخرى .



شكل (١٧)

يرينا هذا الشكل الصعوبات فى أعمال تعليق السلك الهوائى فى حالة التيار المتردد ذو الثلاثة أوجه عند تقاطع الخطوط

رابعا — استخدام التيار المستمر ذو الضغط العالى

(١٥٠٠ الى ٣٠٠٠ فولت)

إلا أن استعمال التيار المستمر ذو الضغط المتوسط يسبب لنا صعوبات أخرى لأنه نظرا للقوة الكبيرة التى نحتاج اليها لدفع القطارات الكهربائية فأن شدة التيار تكون عالية جداً وعلى ذلك سنضطر لاستخدام مغـــذيات (Feeders) مقطعها كبير كما أننا نضطر لاستخدام عدد كبير من المحطات الفرعية وذلك لحفظ الضغط عند المنسوب الذى لا يجب أن يقل عنه فى السلك الهوائى. على أنه يمكننا التغلب على هذه الصعوبات باستعمال التيار المستمر ذو الضغط العالى (١٥٠٠ — ٣٠٠٠ فولت) الذى خطى فى السنين الأخيرة خطوات واسعة جداً.

وإنى أعتقد أن الضغط الأنسب لحالتنا هو ٣٠٠٠ فولت تيار مستمر وذلك للأسباب الآتية :

(ا) يمكننا هذا الضغط من تخفيض عدد المحطات الفرعية إلى محطتين فقط وفى الأحوال القصوى إلى محطة واحدة وقد يبدو هذا العدد قليل ولكن سيزول عجبنا إذا علمنا أن فى إيطاليا يستخدم نفس هذا الضغط على خط تورينو — لانزو الذى يبلغ طوله ٤٤,٥ كيلو مترا وكذا على خط ميلانو — سارونو الذى يبلغ طوله ٤٤ كيلو مترا وكذا على خط اريزو — سنالونجا والذى يبلغ طوله ٤٠ كيلو مترا وكل ذلك مع استعمال محطة فرعية واحدة فقط لكل من هذه الخطوط.

أما باستخدام ١٥٠٠ فولت فى حالتنا فسيضطرنا ذلك إلى انشاء أربعة محطات فرعية على الأقل.

(ب) روعى فى هذا الاختيار احتياجات المستقبل إذا ما فكرنا فى كهربة جميع الخطوط الحديدية فى القطر المصرى وقد بدأ يلوح ذلك اليوم فى

أفقنا وستشرق شمسه قريبا انشاء الله بتنفيذ مشروع توليد القوى الكهربائية من خزان أسوان . وإنى أعتقد أن ضغط ٣٠٠٠ فولت تيار مستمر سيكون أنسب نوع لكهربة الخطوط الحديدية بالقطر المصرى إلا إذا ظهر تقدم جديد بامكان استخدام ضغوط أعلا من ذلك وهذا ما سيكشف لنا عنه المستقبل القريب .

وستصمم محركات القطار على تيار ضغطه ١٥٠٠ فولت وسيوضع كل محركين معا على التوالى بصفة مستديمة أما المحركات المساعدة فى القطار اللازمة لتشغيل الفرامل وغير ذلك من الأجهزة فهذه تستخدم تيار ٣٠٠٠ فولت مباشرة .

٩ — طريقة نقل التيار الكهربائى من السلك الموصل الى القطار

توجد طريقتين لذلك :

أولا — طريقة السلك الهوائى .

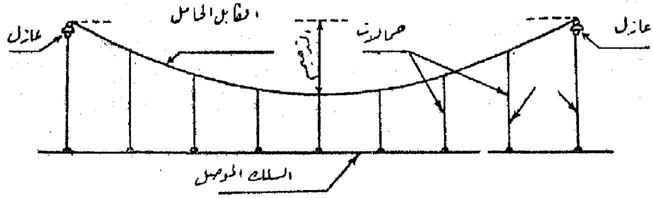
ثانيا — طريقة القضيب الثالث .

أولا — طريقة السلك الهوائى .

السلك الهوائى إما أن يكون :

(ا) معلقا تعليقا بسيطا وذلك بتحميل السلك الهوائى على عازلات (Insulators) مثبته على الأعمدة مباشرة على نحو ما نرى فى ترام مدينة القاهرة

(ب) أو معلقا بواسطة السلك السلسلى البسيط (Simple Catinery Wire) وفى هذه الحالة يستعمل كابل من الصلب كحامل لتعليق السلك الموصل المصنوع من البرونز المفسفر والذى يتصل به بواسطة حمالات تحفظ السلك الموصل فى وضع أفقى شكل (١٨) ويستعمل هذا النوع من السلك الهوائى فى السرع المتوسطة التى لا تستدعى تياراً قوياً للقطارات . وهو مستعمل على سكة ادارة النقل المشترك بالاسكندرية(سكة حديدالرمل الكهربائيةسابقا) فى الجزء من الخط الواقع بين محطة سيدى جابر ومدخل محطة الرمل .

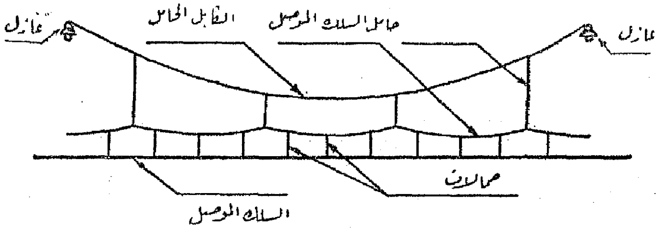


شكل (١٨)

نظام التعليق السلسلى البسيط للسلك الهوائى الموصل

(ج) أو معلقا بواسطة السلك السلسلى المركب Compound Catinery

وفى هذه يستعمل سلكا ثانيا من الصلب لتحميل السلك السلسلى البسيط السالف ذكره كما هو مبين فى الشكل رقم (١٩) ويستعمل هذا النوع من التعليق فى الحالات التى تقتضى سرع عالية وتيارات ثقيلة . وهذا النوع هو المستعمل فى خط مترو مصر الجديدة .



شكل (١٩)

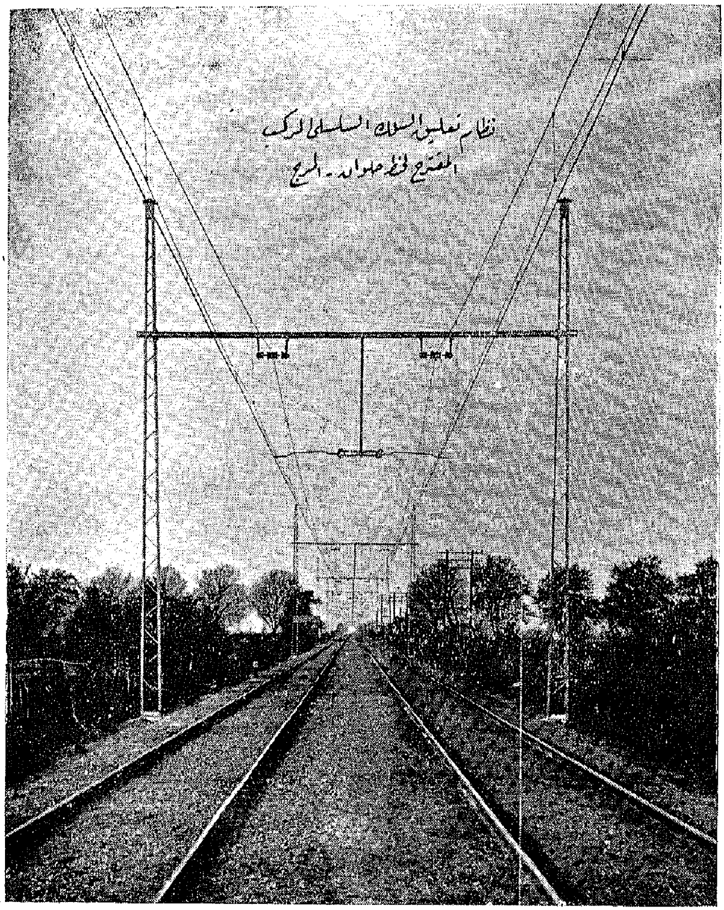
نظام التعليق السلسلى المركب للسلك الهوائى الموصل

وأهم مزايا التعليق السلسلى :

أولا — يحفظ دائما سلك التشغيل مستويا وبذلك يجعل الضغط بين عمود البرش والسلك الموصل ثابتا ولهذه الخاصية أهمية كبيرة فى السرع العالية .

ثانيا — إذا حدث أن قطع السلك الموصل لأى سبب من الأسباب فان السلك الحامل يمنعه من السقوط وبذلك تتلافى الحوادث التى تنتج من سقوط السلك الموصل واتصاله بالأرض .

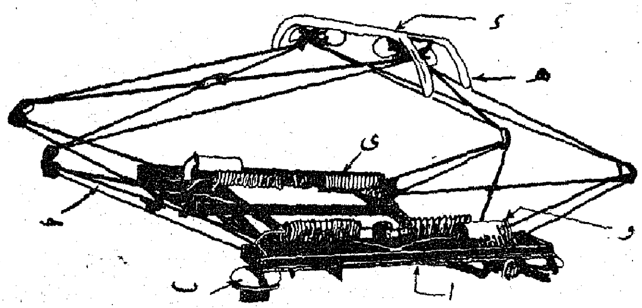
ويستعمل مع السلك الهوائى البسيط اما عجلة التروللى أو القوس المجمع (Collecting Bow) كما يستعمل مع السلك السلسلى البانتوجراف (Pantograph) كما فى حالة مترو مصر الجديدة .



شكل (٢٠)
نظام الاعمدة والسلك الهوائى المقترح لخط حلوان — المرج
وهو قريب الشبه من نظام خط مترو مصر الجديدة

البانتوجراف

يتكون البانتوجراف انظر الشكل (٢١) من الأطار (أ) الذى يحمل البانتوجراف ويثبت هذا الأطار على سطح القاطرة وإنما يعزل عنه بواسطة عازلات (ب) من الخزف. ومركب على هذا الاطار روافع (حـ) مصنوعة من الأنابيب الصلب على هيئة مقص تتحرك لأعلى أو لأسفل بواسطة طائفة من المفصلات ومتصل بهذه الروافع يايات ضغط (ى) وكذا أسطوانات للهواء المضغوط (و)



شكل (٢١)
البانتوجراف المجمع للتيار الكهربائى

وتحمل الروافع العليا واحد أو اثنين من أقواس جمع التيار الكهربائى (د). وهذه الأقواس مصنوعة من الصلب ومغطاة بصفائح من النحاس يمكن تغييرها فى حالة تآكلها نتيجة لكثرة الاستعمال وهذه الصفائح تقوم بجمع التيار الكهربائى من السلك الهوائى. وينتهى القوس من طرفيه بقرنين (هـ) لتمنع تداخل القوس مع مهمات التعليق الهوائى فى المنحنيات الحادة أو فى حالة حدوث اهتزازات شديدة.

ويكون عادة البانتوجراف فى الوضع الأسفل وفى هذه الحالة تكون اليايات (ى) مشدودة ولكن يعادل تأثيرها وزن أعضاء البانتوجراف نفسه

وكذا اليايات المضادة الموجودة داخل اسطوانات الهواء المضغوط (و).

ولكى يرفع البانتوجراف ليلمس السلك الهوائى يطلق الهواء المضغوط فى الاسطوانات (و) التى يعادل تأثيرها تأثير اليايات المضادة الموجودة داخلها وعلى ذلك يأخذ البانتوجراف فى الصعود تحت تأثير اليايات (ى) التى يتغلب تأثيرها فى هذه الحالة على وزن أعضاء البانتوجراف.

ويتراوح ضغط البانتوجراف على السلك الهوائى تبعا لنوع التيار المستعمل ففى حالة التيار المستمر يتراوح هذا الضغط بين ١٢ و ١٤ كيلو جرام على أنه فى أمريكا يصل هذا الضغط إلى ١٨ كيلو جرام. كما أنه يمكن له أن يجمع تيار تصل شدته إلى ٢٠٠٠ أمبير بواسطة قوسين وذلك على سرع تتراوح بين ٨٠ و ٩٠ كيلو مترا فى الساعة. إلا أن التجارب الحديثة أثبتت أنه يمكن مضاعفة شدة التيار السابق ذكرها.

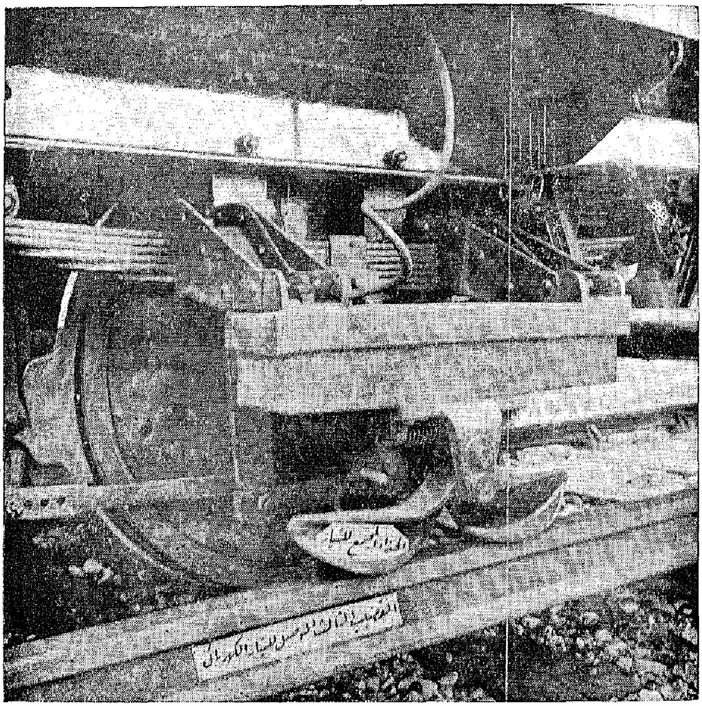
ثانيا — طريقة القضيب الثالث

وهو عبارة عن قضيب من الصلب يدخل فى تركيبه عدة معادن تجعل مقاومته الكهربائية منخفضة وهو معزول تماما عن الأرض ومتصل بكابلات التغذية ويوجد بالقطار حذاء مجمع (Collecting Shoe) شكل (٢٢) ينزلق على هذا القضيب وبذلك ينقل التيار الكهربائى إلى القطار وأهم ميزة للقضيب الثالث أنه يسمح لنا بنقل تيارات ذات شدة عالية لا يمكننا الحصول عليها فى حالة السلك السلسلى ويستعمل فى ضغوط لغاية ١٢٠٠ فولت. ويستعمل القضيب الثالث عادة فى نفق المترو تحت الأرض (Underground System).

وأهم مزايا للقضيب الثالث :

١ — نظراً لمتانة تركيبه وثباته فانه يسمح لنا بنقل تيارات ذات شدة عالية وبسرع عالية بدون حدوث أى شرر كهربائى.

٢ — لا يحتاج إلى أعمدة لتحميله كما فى حالة السلك الهوائى وهـــذه الأعمدة علاوة على زحامها السكة الكهربائية فانها فى بعض الأحيان تضايق



شكل (٢٢)
نظام توصيل التيار بواسطة القضيب الثالث والحذاء المجمع

أعمال الاشارات الضوئية . التي لها أهمية كبيرة في الخطوط ذات السرع العالية.

ولكن للقضيب الثالث عيوب كثيرة إذا حاولنا استعماله في بلادنا :

(ا) نظراً لأن بلادنا زراعية فان القضيب الثالث عرضة لحوادث التماس (Short Circuit) من الحيوانات والمواشي والزواحف التي تعبر الخط في نقط كثيرة يوميا .

(ب) في حالة غمر الخط بالسيول أو بالامطار وهذه تكثر كثيراً على خط حلوان فانه لا يمكن استعمال القضيب الثالث لغمره بالمياه .

(ج) أنه يزحم الخط الحديدي وبذلك يصعب انزال أي مهمات على جانبي الخط .

لكل هذه الأسباب فاننا نرى أفضلية استعمال السلك الهوائي السلسلي المركب

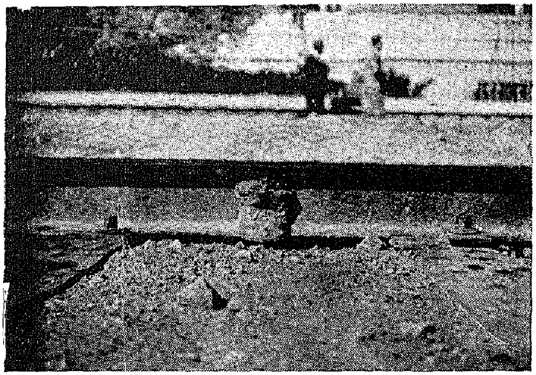
١٠ ـ التعديلات الواجب عملها فى القضبان الحديدية

قد يظن البعض أن قضبان الخط الحديدى بوضعها الحالى يمكن أن تفى بالغرض ولكن يجب أن نعلم أن هذه القضبان علاوة على حملها القطار فانها ستعمل أيضاً كموصل لتيارات العودة وهذه العملية تتطلب شروطا اضافية وهى أن تكون مقاومة القضبان الكهربائية أقل ما يمكن وذلك بلحام القضبان ببعض بطريقة لحام الالومنيوم الحرارى (Thermite Welding) شكل (٢٣) على أطوال كبيرة ثم تترك ثغرات بين هذه الأطوال وذلك بوصلها ببعض بواسطة وصلات تمدد (Expansion Joints) كما نرى فى الشكل (٢٤) لتسمح للقضبان بالتمدد والانكماش تحت تأثير الحرارة .

فاذا لم ننجح فى تقليل المقاومة الكهربائية للقضبان فلنا أن ننتظر شرود تيارات العودة من هذه القضبان واتخاذها طريقاً آخر للمحطات الفرعية وبذلك تتلف كل ما قد يقابلها فى طريقها فى باطن الأرض من مواد ومنشآت معدنية كأنابيب مياه أو غاز أو كابلات مدفونة فى الأرض .

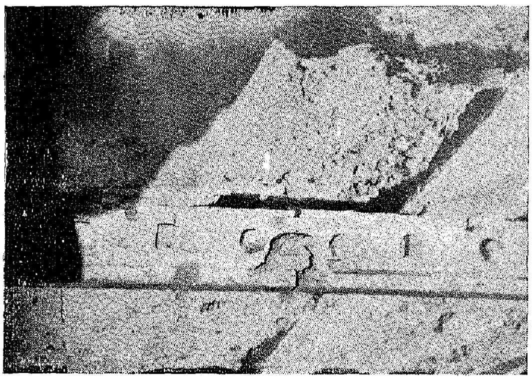
والطريق الذى تأخذه تيارات العودة معقد جداً ويصعب التنبؤ به وذلك لأن المقاومة الكهربائية بين القضبان والارض من جهـــة وبين الأرض والمهمات المعدنية المدفونة فى باطن الأرض من جهة أخرى ليست ثابتة بل هى متغيرة بنسبة كبيرة جدا وتتوقف على عدة عوامل من الصعب تحديدها كما تتولد فى باطن الأرض جهود كهربائية نتيجة لعوامل أخرى لا تمت لتيارات عودة القضبان بصـــلة . على أنه يمكن القول بوجه عام أن أى مواسير أو كابلات أو مهمات أخرى مدفونة فى باطن الأرض تعتبر مهددة بالتآكل نتيجة للتحليل الكهربائى الناجم عن شرود تيارات العودة إذا بلغت الكثافة المتوسطة للتيار ٧٥,٠ مللى امبير لكل ديسمتر مربع عن سطح المواسير .

ونذكر على سبيل المثال أنه من الوجهة النظرية يكفى تمرير تيار قدره



شكل (٣٣)

وصلة قضيبين بطريقة لحام الالومنيوم الحرارية (بادارة النقل المشترك بالاسكندرية)



شكل (٢٤)

وصلة تمدد (أوهيوبراس) (بقضبان ادارة النقل المشترك بالاسكندرية)

امبير واحد لمدة ساعة ليحدث تآكلا فى القطب الموجب المعدنى مقـــدار ٠,٦٩٧ جراماً إذا كان ذلك القطب من الحديد و ٣,٨٥٨ جراما إذا كان من الرصاص و ٢,٣٥٥ جراما إذا كان من النحاس الخ .

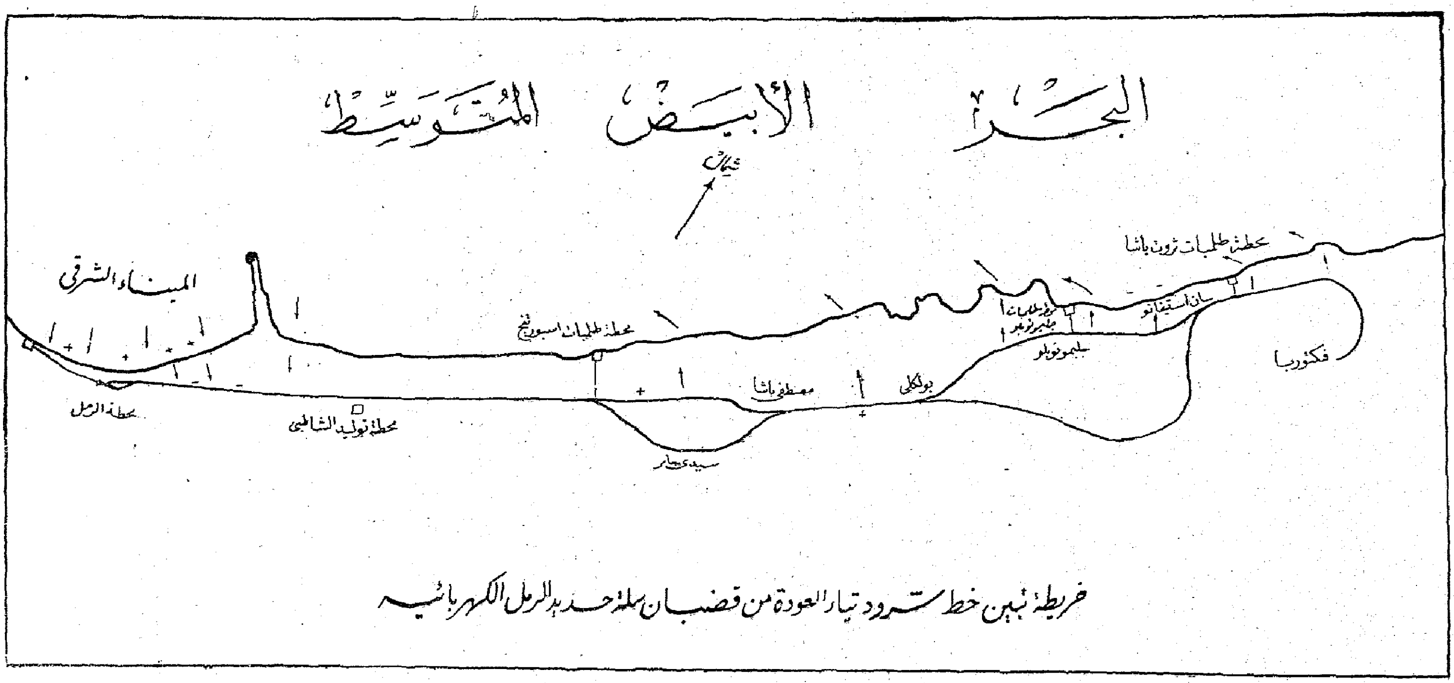
أما فى حالتنا فلنا أن نتوقع أن الطريق الذى سيتخذه فى حالتنا هذه هو فى الغالب نهر النيل وذلك بشرود التيار فى المناطق التى يقترب فيها الخط من النهر وعودته فى المناطق القريبة منه إلى المحطات الفرعية . ويوجد الكثير من أوجه الشبه بين هذا الخط وسكة حديد الرمل الكهربائية التى كما نعلم يسير خطها محاذياً للبحر الابيض المتوسط ولقد اكتشفت أثناء خدمتى بالادارة المذكورة أن التيار الكهربائى يترك القضبان ويشرد إلى البحر ثم يعود من طريق آخر غير ما نتوقعه كما هو مبين فى الشكل (٢٥) والذى فيه يمكن تقسيم قضبان سكة حديد الرمل الكهربائية إلى منطقتين منفصلتين :

المنطقة الأولى — يكون جهد القضبان فيها موجبا بالنسبة للبحر وهذه تمتد من فيكتوريا إلى محطة سبورتنج أى يغادر التيار الكهربائى القضبان إلى البحر .

المنطقة الثانية — ويكون جهد القضبان فيها سالبا بالنسبة للبحر أى يتجمع التيار فيها ويعود ثانيا إلى القضبان وهذه تمتد من اسبورتنج إلى محطة الرمل .

ويمكن اعتبار البحر فى كلتا الحالتين أنه لوح لا نهائى الحجم وأن مقاومته متناهية الصغر بحيث لا نخطىء إذا اعتبرناها صفر أوهم .

ولقد كان لهذه النتائج التى توصلت إليها عام ١٩٣٨ دهشة كبيرة فى الأوساط الهندسية ولم يقبل الكثير من زملائى الاقتناع بها إلى أن اطلعوا على ما سجلته آلات القياس الكهربائية فى الأماكن المختلفة بالقرب من البحر .



شكل (٢٥)

شرود تيار العودة من قضبان سكة حديد الرمل الكهربائية إلى البحر الأبيض المتوسط وطرق عودته ثانيا الى القضبان

الانظمة المختلفة المتبعة فى بلاد العالم

لمقاومة شرود تيارات العودة من القضبان

ولما كان شرود تيارات العودة يتوقف على الفرق فى الجهد الكهربائى بين القضبان والأرض فلقد قامت الدول المختلفة تضع قيودا لهذا الفرق . ففى فرنسا مثلا حدد أقصى جهد بين القضبان والارض لغاية ١٠ فولت ومع تقدم استعمال الجر الكهربائى وجد أن هذه النسبة عالية فخفضت إلى ٧ فولت ثم إلى ٥ فولت وأخيرا وصلوا إلى قاعدة الفولت الكيلو مترى (Règle du Volt Kilomètrique) وبمقتضى هذه القاعدة لا يسمح فى أن يتعدى الفرق فى الجهد الكهربائى بين أى نقطتين على القضبان بأكثر من فولت واحد لكل كيلو متر وذلك فى المناطق داخل المدينة على أن يسمح بزيادته إلى فولتين لكل كيلو متر فى المناطق خارج المدينة .

وفى ألمانيا يتبع عدم زيادة فرق الجهد الكهربائى المتوسط بين أى نقطتين ينتميان لشبكة ترام داخل المدينة قطرها كيلو مترين عن ٢,٥ فولت وفى الخطوط خارج هذه الشبكة يسمح بفرق فى الجهد الكهربائى قدره فولت واحد لكل كيلو متر واحد من طول القضبان .

أما فى أمريكا وسويسرا فلم تقيد الحكومات شركات النقل الكهربائى بأى قيود ولكنها تحمل هذه الشركات مسؤولية أى أعطاب تحصل إذا ثبت أنها ناشئة عن التيارات الشاردة من قضبان خطوطها الكهربائية .

وعلى ذلك فيجب أن نعمل جهدنا لتقييد المقاومة الكهربائية بين القضبان الحديدية ومحطات التغذية لأقل حد ممكن وذلك بطريق اللحام الألومنيوم الحرارى وكذا بمراعاة الدقة فى تصميم مقطع مغذيات العودة (Return Feeders) وكذا بنقط وصلها بالقضبان

١١ ــ طريقة احتساب قوة المحركات اللازمة للقطارات

قبل أن نبدأ باحتساب قوة المحركات اللازمة للقطار يجب علينا أن نبدأ بدراسة سير القطار بين المحطات وذلك بدراسة منحنى السرعة ــ الوقت الخاص بذلك القطار ثم بمعرفة خواص المحركات التى سنستخدمها فانه يمكننا احتساب القوة اللازمة وبالتالى الطاقة الكهربائية .

منحنى السرعة ــ الوقت لقطار كهربائى :

فى هذا المنحنى يمثل الاحداثى الرأسى السرعة والاحداثى الأفقى الوقت وعلى ذلك فانه يمكن تقسيم سير القطار الكهربائى بين أى محطتين متتاليتين إلى أربعة مراحل .

المرحلة الأولى ــ فترة العجلة (Accelerating Period) :

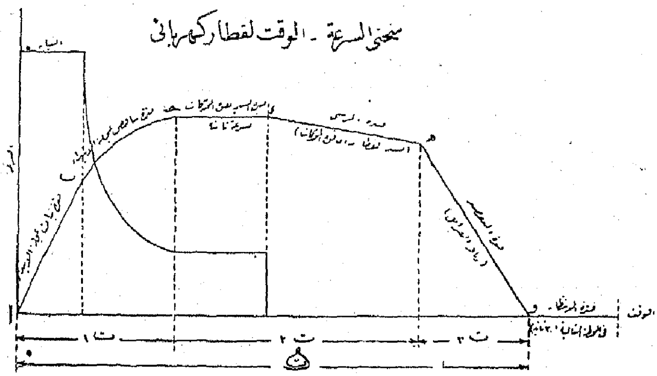
وتبدأ من اللحظة التى يشرع فيها القطار فى التحرك من حالة السكون من النقطة (ا) على المنحنى شكل (٢٦) بعجلة ثابتة إلى النقطة (ب) وفى هذه الفترة يزداد الضغط الكهربائى على المحركات زيادة تصاعدية بسبب تخفيض مقاومة بدء الحركة تدريجياً إلى أن تخرج هذه المقاومة من الدائرة تماماً عند النقطة (ب) ثم تأخذ العجلة تدريجياً تقل من (ب) إلى النقطة (حـ) حيث تصل السرعة إلى أقصاها ــ وذلك لبقاء الجهد الكهربائى على المحركات ثابتاً ولكن نظراً لازدياد القوة الدافعة الكهربائية المضادة المولدة فى المحركات تبعا لزيادة عدد اللفات فاننا نلاحظ أن التيار الكهربائى يقل تدريجيا وبالتالى عزم الازدواج المتولد (Drivring Torque) وعجلة القطار .

المرحلة الثانية ــ فترة السير بقوة المحركات بالسرعة القصوى :

تبدأ هذه المرحلة من وصول القطار إلى سرعته القصوى حيث يظل القطار سائراً بقوة محركاته وتظل سرعته ثابتة طوال هذه الفترة إلى (ى) عندما يقترب القطار من المحطة التالية حيث يقطع التيار الكهربائى عن المحركات

المرحلة الثالثة — فترة المرسى (Coasting Period) :

وتبدأ من اللحظة (ى) التى يقطع فيها التيار عن محركات القطار ليسير بقوة اندفاعه بدون أى قوة محركة إلى النقطة (هـ) وتسمى هـــذه الفترة بمدة المرسى .



شكل (٢٦)

منحنى السرعة — الوقت لقطار كهربائى

ويلاحظ أن فى هذه الفترة تأخذ سرعة القطار فى الانخفاض تدريجيا وذلك لتسلط عوامل المقاومة الدائمـــة عليه بينما لا توجد أى قوة محركة للتغلب عليها .

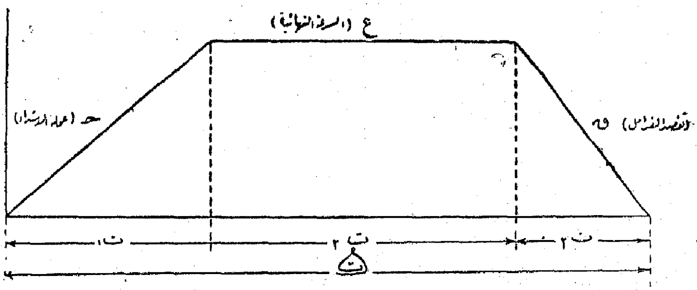
المرحلة الرابعة — فترة الفرملة :

وتبدأ من النقطة (هـ) على المنحنى عندما يبدأ السائق فى فرملة القطار للحد من سرعته ثم إيقافه تماما فى المحطة — النقطة (و) .

وبعد أن ينتظر القطار فترة الانتظار فى المحطة التالية (وقدرها ٢٠ ثانية لخطوط الضواحى) يبدأ فى السير ثانية ليعيد نفس المراحل السابق ذكرها وهلم جرا .

تبسيط العلاقة بين المقادير الرئيسية في منحنى السرعة — الوقت

من الممكن تبسيط منحنى السرعة الوقت شكل (٢٦) وذلك باعتبار أن العجلة (ح) تظل ثابتة أثناء مدة القيام ت ١ وكذا التقصير (ق) أثناء فترة ربط الفرامل ت ٣ . كما أن سرعة القطار ع تظل ثابتة فى كل من المرحلتين الثانية والثالثة وبذلك تحصل على الشكل المبين فى رقم (٢٧)



شكل (٢٧)

منحنى السرعة — الوقت المبسط

وفى هذا الشكل :

ح = عجلة الابتداء وهى ثابتة فى فترة القيام ت ١

ع = السرعة النهائية وهى ثابتة فى الفترة ت ٢

ق = تقصير الفرامل وهو ثابت أثناء ربط الفرامل فى الفترة ت ٣

ف = المسافة المتوسطة بين محطتين متتاليتين

وعلى ذلك فان المسافة ف = مساحة الشكل رقم (٢٧)

$$\text{ف} = \tfrac{1}{2}\,\text{ع}\,\text{ت}_{1} + \text{ع}\,\text{ت}_{2} + \tfrac{1}{2}\,\text{ع}\,\text{ت}_{3}$$

ولكن $\text{ع} = \text{ح} \times \text{ت}_{1} = \text{ق} \times \text{ت}_{3}$

$$\therefore \text{ت}_{3} = \frac{\text{ح}}{\text{ق}}\,\text{ت}_{1}$$

وكذلك $\hat{ت} = ت_1 + ت_2 + ت_3$

$$ت_2 = \hat{ت} - (ت_1 + ت_3) = \hat{ت} - (ت_1 + \frac{ج}{ق} ت_1)$$

$$\therefore ف = \frac{1}{2} ج ت_1^2 + ج ت_1 [\hat{ت} - (ت_1 + \frac{ج}{ق} ت_1)]$$

$$+ \frac{1}{2} ج ت_1 \times \frac{ج}{ق} ت_1$$

$$= \frac{1}{2} ج ت_1^2 + ج ت_1 [\hat{ت} - (ت_1 + \frac{ج}{ق} ت_1)] + \frac{1}{2} \frac{ج^2}{ق} ت_1^2$$

$$= \frac{1}{2} ج ت_1^2 + ج \hat{ت} ت_1 - ج ت_1^2 - \frac{ج^2}{ق} ت_1^2 + \frac{ج^2}{2ق} ت_1^2$$

$$= - \frac{1}{2} ج ت_1^2 - \frac{ج^2}{2ق} ت_1^2 + ج \hat{ت} ت_1$$

$$ت_1^2 \left(\frac{ج}{2} + \frac{ج^2}{2ق} \right) - ج \hat{ت} ت_1 + ف = صفر$$

$$ت_1 = \frac{ج\hat{ت} \pm \sqrt{(ج\hat{ت})^2 - 4\left(\frac{جق + ج^2}{2ق}\right) ف}}{2\left(\frac{جق + ج^2}{2ق}\right)}$$

حساب المقادير الرئيسية فى منحنى السرعة — الوقت المبسط

طول الخط كله = ٤٢ كيلومترا (حلوان ٢٥ كم - المرج ١٤ كم - الوصلة ٣ كم)

عدد المحطات = ١٠ خط حلوان

١٢ خط المرج

٤ الوصلة بين الخطين

٢٦ محطة

المسافة المتوسطة بين أى محطتين $= \frac{٤٢ \text{ كم} \times ١٠٠٠ \text{ متر}}{٢٦ \text{ محطة}} =$ ١٦٠٠ مترا تقريبا

السرعة المتوسطة للخط كله = ٤٥ كيلومتر فى الساعة

وعلى ذلك يقطع القطار المسافة كلها فى $\frac{٤٣}{٤٥} \times ٦٠ = ٥٦$ دقيقة

متوسط الفترة التى يقضيها القطار بين محطتين $= \frac{\text{٥٦ دقيقة} \times \text{٦٠ ثانية}}{(٢٦ - ١) \text{ محطة}}$

$= \frac{٣٣٦٠}{٢٥} = ١٣٥$ ثانية

تشمل هذه الفترة المراحل الآتية :

(ا) مرحلة العجلة

(ب) السير بقوة المحركات ولكن بدون عجلة

(ح) السير الحر (بدون محركات)

(ى) الفرامل

(ه) فترة الانتظار فى المحطة الثانية (وقدرها ٢٠ ثانية لخطوط الضواحى)

وعلى ذلك فان الوقت الذى يقطعه القطار فى التحرك بين أى محطتين متتاليتين

$= ١٣٥'' - ٢٠'' = ١١٥$ ثانية

فاذا علمنا أن :

ف = ١٦٠٠ مترا

ح = ٠,٨ مترا فى الثانية فى الثانية .

ق = ١,٢ مترا فى الثانية فى الثانية .

$\hat{ت}$ = ١١٥ ثانية .

فبالتعويض فى القانون المبين بعاليه نجد أن :

$$ت_١ = \frac{ج\,\hat{ت} \pm \sqrt{(ج\,\hat{ت})^٢ - ٤\left(\frac{ج ق + ج^٢}{٢ ق}\right) ف}}{٢\left(\frac{ج ق + ج^٢}{٢ ق}\right)}$$

$$= \frac{٠,٨ \times ١١٥ \pm \sqrt{(٠,٨ \times ١١٥)^٢ - ٤\left(\frac{٠,٨ \times ١,٢ + ٠,٨^٢}{٢ \times ١,٢}\right) \times ١٦٠٠}}{٢ \times \left(\frac{٠,٨ \times ١,٢ + ٠,٨^٢}{٢ \times ١,٢}\right)}$$

$$= \frac{٩٢ \pm \sqrt{٨٤٦٤ - ٤ \times \frac{٢}{٣} \times ١٦٠٠}}{\left(\frac{٠,٩٦ + ٠,٦٤}{١,٢}\right)}$$

$$= \left(٩٢ \pm \sqrt{٨٤٦٤ - ٤٢٦٧}\right) \times \frac{٣}{٤}$$

$$= \frac{٣}{٤}\left(٩٢ \pm ٦٤,٥\right)$$

= ١١٧,٥ ثانية أو ٢٠,٥ ثانية

والاصح فى حالتنا هو $ت_١ = ٢٠,٥$ ثانية

وعلى ذلك فان $ت_٣ = \frac{ت_١ \times ٢}{٣} = \frac{٤١}{٢} \times \frac{٢}{٣} = ١٣\frac{٢}{٣}$ ثانية

، $ت_٢ = ١١٥ - \left(٢٠\frac{١}{٢} + ١٣\frac{٢}{٣}\right)$

$= ١١٥ - ٣٤ = ٨١$ ثانية

، $ع = جـ \times ت_١$

$= ٠,٨ \times \frac{٤١}{٢} = ١٦,٤$ مترا فى فى الثانية

$= \frac{١٦,٤ \times ٣٦٠٠}{١٠٠٠} = ٥٩$ كيلومترا فى الساعة

عوامل المقاومة ضد الجر

عند جر أى قطار على خط حديدى نصطدم بعوامل المقاومة الآتية :

أولا — المقاومات الدائمة : وهى التى تقاوم القطار بصفة مستديمه أينما سار وهذه تشمل :

(ا) مقاومة القضبان للعجل .

(ب) المقاومة الذاتية للقطار والعربات وهى تشمل مقاومة المحاور على الكراسى

(حـ) مقاومة الهواء لسطح القطار المعرض له .

ثانيا — المقاومات العرضية : وهى المقاومات التى قد تعترض سير القطار لفترة محدودة وهذه تشمل :

(ا) مقاومة الجاذبية فى الميول والمنحدرات .

(ب) مقاومة المنحنيات فى الخط .

(حـ) أى مقاومة عرضية أخرى كالأمطار والسيول والزوابع الرملية الخ

والآن سنحسب كل منها على حدة :

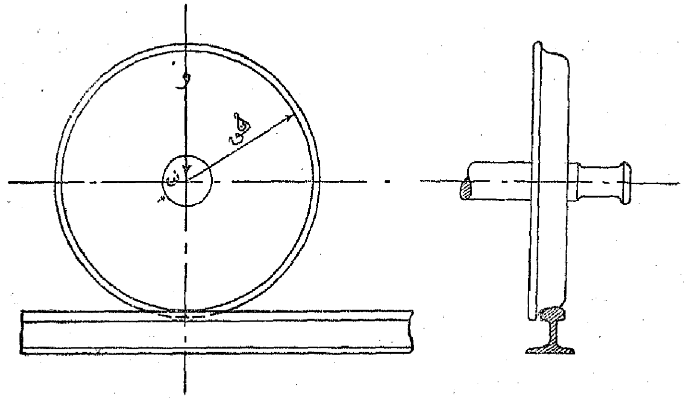
أولا — المقاومات الدائمة

(ا) مقاومة القضبان للعجل : تعتبر هذه المقاومة إلى حد ما مستقلة وغير متأثرة بسرعة القطار — وتتناسب تناسبا طرديا مع الوزن (وَ) المحمل على العجلات كما تتناسب تناسبا عكسيا مع نصف قطر عجلة القطار نق (انظر الشكل ٢٨)

وعلى ذلك فان مقاومة القضبان = فَ × $\frac{\text{و}}{\text{نق}}$

حيث فَ = معامل الاحتكاك

، نق = نصف قطر العجلة .



شكل (٢٨)
مقاومة القضبان للعجل

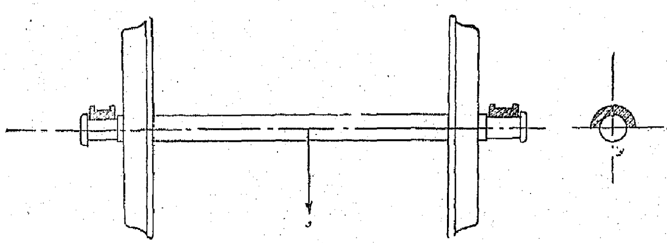
(ب) مقاومة الكراسى للمحاور :

لنفرض أن وزن العربة = $\hat{\text{و}}$ شكل (٢٩)

وأن وزن المحور = و

وعلى ذلك فان الوزن المحمل على كراسى العربة = ($\hat{\text{و}}$ — و)

وهو الوزن الذى يحدث قوة الاحتكاك بين المحاور والكراسى المحملة عليها



شكل (٢٩)
مقاومة الكراسى للمحاور

فاذا كان $\hat{\text{نق}}$ = نصف قطر العجلة

وكان نق = نصف قطر المحور

وكانت ف = معامل الاحتكاك بين المحاور والكراسى

فان الشغل الذى يحدث من دوران العجل لفة كاملة $= \text{٢ ط} \times \text{نو} \times \text{ف} \left(\widetilde{\text{و}} - \text{و} \right)$

وفى أثناء دوران العجل دورة كاملة تكون العربة قد قطعت $\text{٢ ط} \widetilde{\text{نق}}$ من وحدات الطول .

وعلى ذلك فان الشغل لكل وحدة طول $= \dfrac{\text{٢ط نو} \times \text{ف} \times \left(\widetilde{\text{و}} - \text{و} \right)}{\text{٢ ط} \widetilde{\text{نو}}}$

$$= \text{ف} \times \left(\widetilde{\text{و}} - \text{و} \right) \dfrac{\text{نو}}{\widetilde{\text{نو}}}$$

وقد وجد بالتجربة أن ف معامل الاحتكاك بين الكرسى والمحور $= \frac{\text{١}}{\text{٧٠}}$ فى حالة الكراسى العادية (غير رولمان البيل)

وكذلك تتراوح النسبة $\dfrac{\text{نو}}{\widetilde{\text{نو}}}$ بين $\dfrac{\text{١}}{\text{٦}}$ ، $\dfrac{\text{١}}{\text{١١}}$

وعلى ذلك فان المعامل $\left(\text{ف} \times \dfrac{\text{نو}}{\widetilde{\text{نو}}} \right)$

يتراوح بين $\frac{\text{١}}{\text{٦٣٠}}$ ، $\frac{\text{١}}{\text{٧٧٠}}$

أى بين ١,٤ و ٢,٤ كجم للطن الواحد

أما فى حالة كراسى رولمان البيل فان المعامل ينخفض إلى $\text{ف}' = \text{٠,٠٠٢}$

وعلى ذلك فان القيمة $\text{ف}' \times \dfrac{\text{نو}}{\widetilde{\text{نو}}} = \text{٠,٢}$ إلى ٠,٣ كجم للطن الواحد فى حالة كراسى رولمان البيل .

(حـ) مقاومة الهواء

لنفرض أن س مساحة الجزء المعرض من القطار للهواء بالأمتار المربعة وأن ع سرعة القطار بالأمتار / ثانية .

وأن ث معامل مقاومة الهواء لوحدة مساحة السطح .

وعلى ذلك فان مقاومة الهواء = س × ث × ع^٢

وتنخفض هذه القيمة إلى النصف إذا كان السطح المعرض للهواء انسيابى (Streamlined) وذلك بجعل دورانه على شكل قطع مكافىء (Parabolic)

المعادلات العملية لاحتساب مجموع المقاومات الدائمه

ولقد أمكن بالتجربة إيجاد معادلات عملية (Emperical) يمكن بواسطتها احتساب مجموع المقاومات الدائمة وأشهر هذه المعادلات هى الآتية :

معادلات سازين (Sazin)

لقطارات البضاعة م = ١,٨ + ٠,٠٠١ ع^٢

لقطارات الركاب (ذات محورين) م = ١,٦ + ٠,٠١٨٤ ع + ٠,٠٠٤٦ ع^٢

لقطارات الركاب (ذات أربعة محاور) م = ١,٦ + ٠,٠٠٤٥٦ ع + ٠,٠٠٠٤٥٦ ع^٢

حيث م = مجموع المقاومات الدائمه بالكيلوجرام لكل طن

، ع = سرعة القطار بالكيلومترات فى الساعة .

معادلة ستراهل (Strahl)

م = ٢,٥ (س / و) (ع / ١٠)^٢

حيث م = مجموع المقاومات بالكجم لكل طن

س = المساحة المعرضة للهواء بالأمتار المربعة

و = وزن القطار بالطن

ع = السرعة بالكيلومترات فى الساعة

معادلة باربير (Barbier)

م = ١,٦ + ٠,٠٢٣ع + ٠,٠٠٠٤٦ ع^{٢}

معادلة بوريس (Borris)

م = ١,٥ + ٠,٠١٢ع + ($\frac{٠,٣}{و}$ + ٠,٢) $\frac{ع^{٢}}{١٠٠٠}$

وفى هذه المعادلة و = وزن العربة بالطن

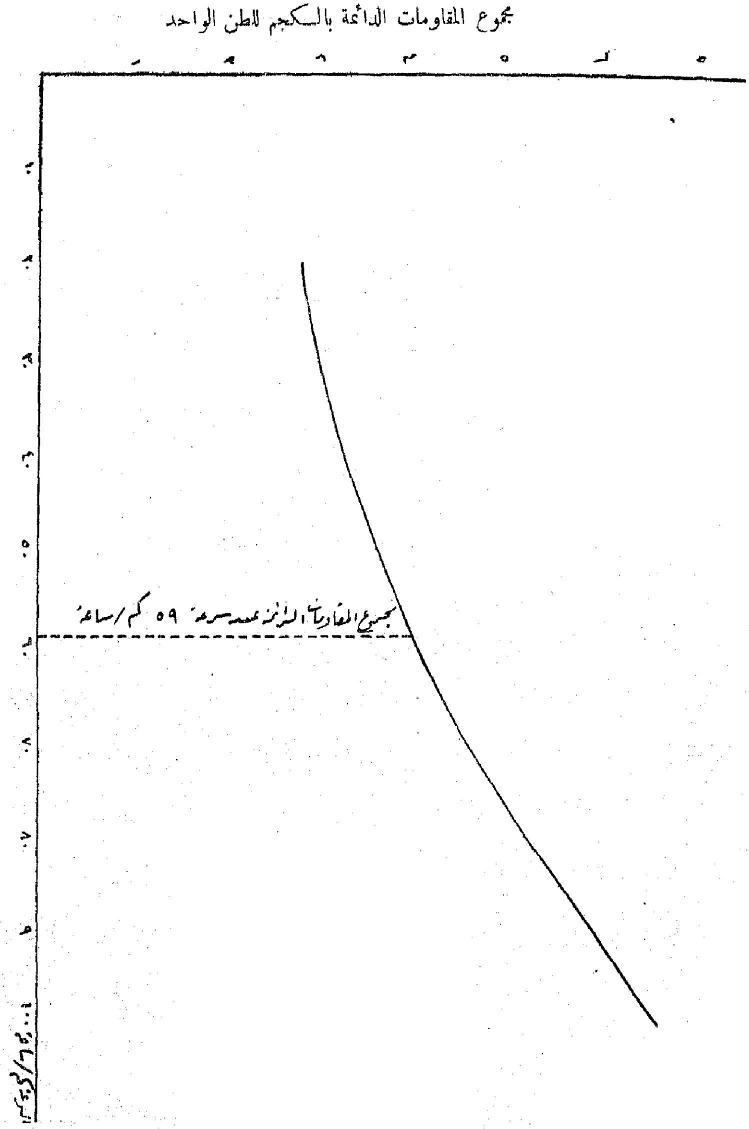
وتستخدم السكك الحديد السويسرية المعادلة الآتية :

م = ٢,٥ + ٠,٠٠٠٣ع^{٢} + ٠,٠٥٤ $\frac{ع^{٢}}{و}$

وفى هذه المعادلة و = وزن القطار بالطن .

وبمحاولة مقارنة أى من هذه المعادلات مع الأخرى سنجد بلا شك بعض الاختلافات قد تصل فى بعض الاحيان إلى مقادير عالية . وأسباب ذلك هو اختلاف الظروف والملابسات التى أجريت فيها التجارب المختلفة ولكن من الممكن أن نصل إلى حل وسط وذلك باستخدام الجدول الآتى (انظر الشكل رقم ٣٠)

السرعة كم / ساعة	مقاومة الجر الدائمة كجم / طن
صفر — ١٠	ضعيفة جـــدا
١٠ — ٢٠	
٢٠ — ٣٠	٢,٨٢ إلى ٣,٠٢
٣٠ — ٤٠	٣,٠٢ إلى ٣,٣٢
٤٠ — ٥٠	٣,٣٢ إلى ٣,٦٦
٥٠ — ٦٠	٣,٦٦ إلى ٤,١٠
٦٠ — ٧٠	٤,١٠ إلى ٤,٦٢
٧٠ — ٨٠	٤,٦٢ إلى ٥,٢٢
٨٠ — ٩٠	٥,٢٢ إلى ٥,٩٧
٩٠ — ١٠٠	٥,٩٧ إلى ٦,٦٦

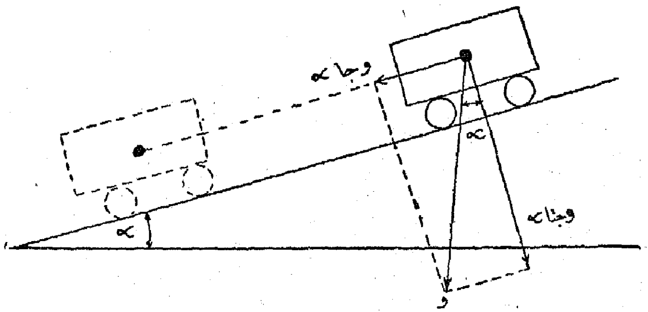


شكل (٣٠)

مجموع مقاومات الجر الدائمة فى السرع المختلفة للقطار الكهربائى

(١) مقاومة الجاذبية فى المنحدرات والميول :

لنفرض أن عربة تصعد منحدراً ميله α شكل (٣١)



شكل (٣١)

مقاومه الجاذبيه الأرضيه فى الميول

فمن الممكن تحليل وزن العربة و إلى مركبتين احداهما و جتا α فى اتجاه عمودى على المنحدر والأخرى و جا α فى اتجاه مواز للمنحدر الذى تسير عليه العربة ولكن فى اتجاه مضاد . وهذه المركبة الأخيرة هى التى تحدث مقاومة الجر على المنحدر .

وبما أن α زاوية صغيرة جداً فى السكك الحديدية إذ قلما يتعدى الميل ١٠ فى الألف (ولو أنه فى بعض الحالات الخاصة بالخطوط الجبلية يصل هذا الميل إلى ٩٠ فى الألف ولكن هذه شواذ).وعلى ذلك فانه يمكن لنا أن نعتبر جا α = ظا α

وعلى ذلك فان مقاومة الميل = و ظا α

= الوزن × الميل

أو المقاومة بالكيلوجرام للطن الواحد = الميل

حساب قوه المحركات اللازمة لسير القطار

مجموع جهود الجر الدائمة عند السرعة ٥٩ كيلو متراً فى الساعة (من منحنى الشكل رقم ٣٠)

$م_{٥٩}$ = ٤,١ كجم للطن الواحد

الجهد اللازم للتغلب على ميل الخط = $\frac{١٠٠٠}{٦٥٣}$ = ١,٥٣ كجم للطن الواحد

جهد الجر المتوسط اللازم لدفع القطار بعجلة الابتداء = $\frac{١}{٢}$ × ك × $ع^٢$

حيث ك = كتلة الطن الواحد = $\frac{١٠٠٠ \text{ كم}}{٩,٨١}$

« ع = سرعة السير بين محطتين

« ف = المسافة المتوسطة بين المحطات بالأمتار

∴ جهد الجر المتوسط لعجلة الابتداء } = $\frac{\frac{١}{٢} \times \frac{١٠٠٠}{٩,٨١} \times ٢١٦,٤}{١٦٠٠}$

= ٨,٥ كجم للطن الواحد

مجموع الجهود المتوسطة لمقاومة الجر = ٤,١ + ١,٥ + ٨,٥ = ١٤,١ كجم للطن الواحد

الجهد المتوسط اللازم تطبيقه على عجلات القطار ١٤,١ × ٩٠ طن

= ١٢٦٩ كجم

القوة اللازمة لدفع القطار بسرعة السير = $\frac{١٢٦٩ \text{ كم} \times ١,٦٤ \text{ مترا فى الثانية}}{٧٥}$

= ٢٧٨ حصان

فاذا اعتبرنا أن الجودة الميكانيكية للمحركات وتروس نقل السرع = ٧٥ ٪

فان قوة المحركات اللازمة للقطار = $\frac{٢٧٨}{٧٥}$ × ١٠٠ = ٣٧٠ حصان

نسبة أقصى جهد المحركات إلى الجهد المتوسط

أقصى الجهد اللازم لدفع القطار بعجلة الابتداء $= \frac{١٠٠٠}{٩,٨١} \times$ ج كجم للطن الواحد

وفى حالتنا العجلة ج $=$ ٠,٨ متراً فى الثانية فى الثانية

∴ أقصى الجهد اللازم $= ٠,٨ \times \frac{١٠٠٠}{٩,٨١}$

$=$ ٨١,٦ كجم للطن الواحد

يضاف إلى ذلك مجموع جهود التغلب على المقاومات الدائمة والميل ومجموعهما ٥,٦ كجم للطن الواحد

∴ أقصى الجهد اللازم لدفع القطار بسرعة ٥٩ كيلومتراً فى الساعة

$=$ ٨١,٦ $+$ ٥,٦ $=$ ٨٧,٢ كجم للطن الواحد

∴ نسبة أقصى الجهد إلى الجهد المتوسط $= \frac{\text{٨٧,٢ كجم}}{\text{١٤,١ كجم}} =$ ٦,٢

ويجب لفت نظر الشركة التى ستقوم بتوريد المحركات لهذا الرقم لأنه سيستلزم فى حالة القيام من ٤ إلى ٥ أضعاف التيار اللازم فى حالة السير العادى وهو ما يجب مراعاته فى تصميم المحركات حتى لا تتأثر من جراء هذا التيار العالى

حساب عدد المحركات اللازمة للقطار الواحد

يتراوح معامل التماسك (Coefficient of Adhesion) بين العجلة والقضبان من $\frac{١}{٥}$ إلى $\frac{١}{١٢}$ فاذا أخذنا $\frac{١}{٧}$ كرقم متوسط فاننا نجد أن لكل جهد جر (Tractive effort) مساو لكيلوجرام واحد يلزمنا سبعة أمثاله ثقلا على عجلات الجر (Driving Wheels)

أقصى الجهد فى حالة الابتداء $=$ ٨٧,٢ كيلوجرام للطن الواحد

وزن القطار كاملا بالركاب $=$ ٨٥ طن

أقصى جهد الجر على العجلات $=$ ٨٧,٢ $\times$ ٨٥ $=$ ٧٤٠٠ كيلوجرام

أقل وزن لازم لتحميله على عجلات الجر لمنع الانزلاق = ٧٤٠٠ × ٧

= ٥١٨٠٠ كيلو جرام

أى ٥١,٨ طن

وزن العربتين القاطرتين = ٢ × ٢٥ = ٥٠ طنا

وعلى ذلك فانه يلزمنا وزن القاطرتين كلاهما على محاور الجر لمنع الانزلاق

وبما أن كل قاطرة محملة على ٢ بوجى يحوى كل منهما محورين — فان أقل عدد من المحركات يلزم لمثل هذا القطار = ٨ محركات موزعة على القاطرتين أى أربعة محركات لكل قاطرة

وعلى ذلك يصير قوة كل محرك = $\frac{٣٧٠}{٨}$ = ٤٦ حصانا

أى ٥٠ حصانا

١٢ — رسم بيانى حركة القطارات على الخط حلوان — المرج

لحساب الحركة على الخط أهمية كبرى فى مثل هذه المشاريع إذ بواسطتها يمكن احتساب الحمل الكهربائى اللازم لتغذية الخط كله . وأوضح طريقة لعمل هذا الحساب هى الطرق البيانية (Graphical Charts) وهى عبارة عن ترجمة بواسطة الرسم لجدول سير القطارات على الخط لمدة ٢٤ ساعة .

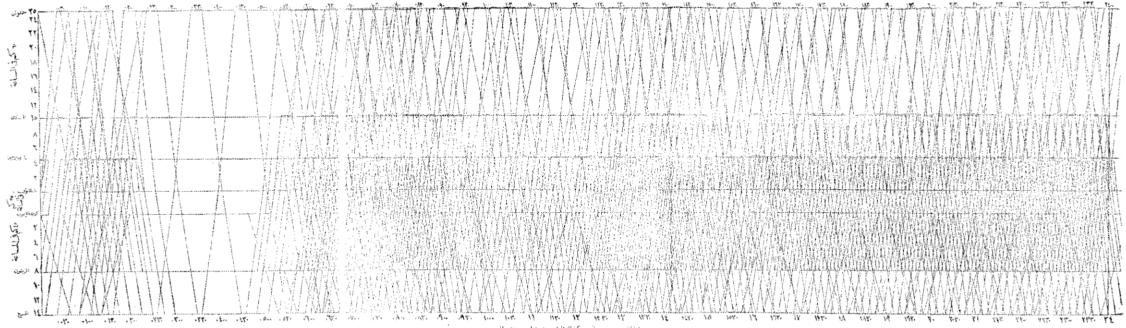
ويمكن الحصول على هذا الرسم البيانى لحركة القطارات على الخط بأن نوقع جدول حركة القطارات على ورق مربعات بحيث يمثل لنا الاحداثى الرأسى المسافة كما يمثل الاحداثى الأفقى الوقت .

وبدراسة حركة الركاب على كل من خطى حلوان والمرج كل على حدة نجد أن نسبة العمران وبالتالى كثافة الركاب من محطة باب اللوق إلى محطة المعادى على خط حلوان تعادل مثيلتها من محطة كوبرى الليمون إلى المرج تقريبا على خط المرج . أما بعد محطة المعادى إلى حلوان فان هذه النسبة تقل كثيرا ونلاحظ ذلك حاليا من أن القطارات تفرغ أغلب حمولتها من الركاب فى المعادى وتكمل رحلتها إلى حلوان بنصف حمل الركاب — وبالمثل فى العودة فان القطار يقوم من حلوان بحمل مخفض إلى المعادى حيث يزداد حمل من الركاب هناك إلى الضعف تقريبا .

ولما كانت كثافة الركاب يجب أن يعادلها كثافة مماثلة من القطارات فاننا نقترح أن تكون كثافة حركة القطارات للجزء بين المعادى وباب اللوق تساوى مثيلتها من كوبرى الليمون إلى المرج .

على أنه بدراسة خط المرج نجد أن كثافة الركاب إلى محطة الزيتون تبلغ ضعفها للجزء بين الزيتون والمرج .

كما أنه يوصل الخطين ببعض فان عدد كبير من الركاب الذين يستخدمون حالياً وسائل النقل المختلفة من جهات مصر القديمة والسيدة زينب وباب اللوق قاصدين ميدان المحطة أو أى جهة على طول خط المرج فانهم سيهرعون



(الشكل ٣٢) رسم بيان حركة القطارات على خطى حلوان والمرج

بلا شك إلى خطنا هذا لما فى ذلك من مزايا الوفر فى الوقت والمصاريف . ولذلك فلنا أن نتوقع أن تكون الحركة على الجزء من مارجرجس إلى الزيتون شديدة جداً ويجب أن نزيد تبعاً لذلك عدد القطارات على هذا الجزء من الخط .

وعلى ذلك فان كثافة القطارات على الأجزاء المختلفة من الخط وتوقيتها ستكون كما هو مبين فى الجدول الآتى :

التوقيت المقترح عند كهربة الخط

(ا) بالنسبة لحلوان — المرج .

قطار فى كل ١٥ دقيقة فى أوقات الزحام .
« « « ٢٠ دقيقة فى الأوقات العادية .
« « « ٣٠ دقيقة فى الأوقات الفاترة .

(ب) بالنسبة للمعادى — المرج

قطار فى كل ٧,٥ دقيقة فى أوقات الزحام .
« « « ١٠ دقائق فى الأوقات العادية .
« « « ١٥ دقيقة فى الأوقات الفاترة .

(ج) بالنسبة للجزء مارى جرجس — الزيتون

قطار فى كل ٣,٥ دقيقة فى أوقات الزحام .
« « « ٥ دقائق فى الأوقات العادية
« « « ٧,٥ دقيقة فى الأوقات الفاترة

على أن تعدل هذه المواعيد لتلائم أى ظروف تطرأ من حيث زيادة السكان أو أى اعتبارات أخرى .

ومن هذا التوقيت يمكننا عمل رسم بيانى حركة القطارات على الخط كله كما هو مبين فى الشكل رقم ٣٢

١٣ – طريقة احتساب الحمل الكهربائى والطاقة الكهربائية اللازمة لادارة الخط سنويا

التيار اللازم للمحركات :

نعلم أن جهد جر قدره كجم واحد لكل طن لقطار يسير بالسرعة ع مترا فى الثانية يمثل شغلا يساوى ١ × ع كيلوجرامترا فى الثانية .

وبما أن الحصان الواحد = ٧٥ كيلوجرامتر فى الثانية = ٧٣٦ وات

∴ ١ كيلوجرام متر = $\frac{٧٣٦}{٧٥}$ وات ثانية

وعلى ذلك فان ١ × ع × $\frac{٧٣٦}{٧٥}$ = شدة التيار × الضغط الكهربائى

فاذا كان الضغط الكهربائى = ٣٠٠٠ ڤولت وجودة المحركات ٧٥ ٪

فان شدة التيار = $\frac{٧٣٦ \times ع}{٣٠٠٠ \times ٧٥ \times ٠,٧٥}$ = $\frac{ع}{٢٢٩}$ تقريبا

∴ شدة التيار المناظرة لجهد كيلو جرام واحد على عجلات القطار بالسرعة ١٦,٤ مترا فى الثانية (٥٩ كيلو مترا فى الساعة) = $\frac{١,٦٤}{٢٢٩}$ امبيرا

وعلى ذلك فان شدة التيار المتوسطة للطن الواحد

= الجهد المتوسط للطن الواحد × شدة التيار للكيلوجرام الواحد

= ١٤,١ × $\frac{١٦,٤}{٢٢٩}$ = ١ امبير تقريبا

ومن ذلك فان شدة التيار المتوسطة اللازمة للقطار كله

= ١ امبير × ٩٠ طن = ٩٠ أمبيرا

الطاقة الكهربائية اللازمة لتحريك القطار كيلومترا واحدا

يقطع القطار الكيلومترا الواحد بسرعة متوسطة ٤٥ كيلومترا فى الساعة فى وقت = $\frac{1}{45}$ من الساعة

∴ الطاقة الكهربائية اللازمة لتحريك القطار كيلومترا واحدا

= ٣٧٠ حصان × ٠,٧٣٦ × $\frac{1}{45}$ = ٦ كيلوات ساعة تقريبا

فاذا كان سعر الكيلوات ساعة عند محطة التوليد ٣ مليمات

فان الكيلو متر الواحد يتكلف طاقة كهربائية بمقدار ١٨ مليما

وهو الرقم الذى أخذناه أساساً لحساباتنا فى حساب المصروفات (٢٠ مليما)

متوسط الحمل على محطة التوليد الرئيسية

بالرجوع إلى بيانى حركة القطارات على خط حلوان المرج شكل (٣٢)

نرى أن أقصى عدد للقطارات فى حالة السير على الخط كله = ١٦ قطارا

فاذا اعتبرنا أن الفاقد فى خطوط التوصيل والتحويل ٢٠ ٪ وان القطار يلزمه قوة اضافية قدرها ١٠ ٪ من قوته الدافعة للانارة ومحركات الفرامل والأجهزة المساعدة فى القطار . فيكون متوسط الحمل على محطة التوليد الرئيسية :

= ١٦ قطارا × ٣٧٠ حصان × ٠,٧٣٦ كيلوات × ١,٣ الفاقد

= ٥٦٧٠ كيلوات

١٤ ـ الاسترجاع الفراملى Regenerative Braking

الطاقة الفاقدة فى الفرامل[1]

إن الطاقة الكهربائية التى يسحبها القطار الكهربائى فى مرحلة القيام استنفدها كما تقدم ذكره فى :

(ا) اكتساب عجلة القيام .

(ب) التغلب على مجموع المقاومات الجر .

فاذا ما وصل القطار إلى سرعته القصوى وثبتت سرعته عند ذلك فان طاقة الحركة (Kinetic Energy) المخزونة فى القطار تساوى الطاقة الكهربائية التى سحبت من الخط فى فترة العجلة

ولكن نلاحظ فى فترة المرسى (Coasting Period) أن جزءا من طاقة الحركة هذه يستخدم فى دفع القطار . وعلى ذلك فان فترة المرسى إنما هى فى الواقع طريقة ميكانيكية لاسترجاع جزء من الطاقة الكهربائية التى سحبت فى دفع القطار .

ويمكن القول بوجه عام أنه كلما زادت نسبة فترة المرسى إلى فترة السير كلها (ت) شكل (٢٦) كلما استرجعنا نسبة أكبر من هذه الطاقة .

ولكن يلاحظ أيضاً أنه باطالة فترة المرسى فاننا نقلل من السرعة المتوسطة للقطار مما يضع حدا لتمادينا فى استرجاع الطاقة بهذه الوسيلة .

وتتراوح نسبة فترة المرسى إلى فترة السير كلها فى خطوط الضواحى عادة من ٢٠ ٪ إلى ٥٠ ٪ وعلى ذلك يتضح لنا أن نسبة عالية من الطاقة الكهربائية تتراوح بين ٤٠ ٪ و ٨٠ ٪ يجب علينا أن نفقدها فى فترة رباط الفرامل (ت ٣) شكل (٢٧).

ويوجد طريقتين لاسترجاع الطاقة الكهربائية :

---

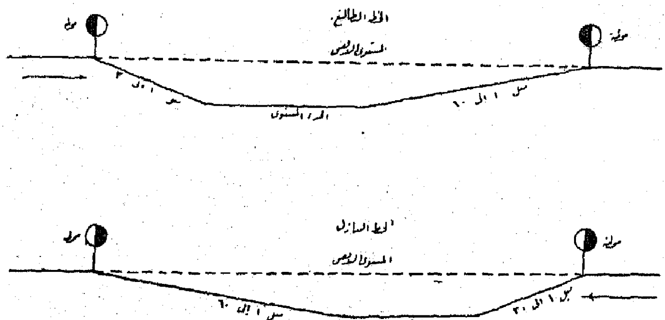
(١) الطاقة لا تفنى وأنما تتحول الى نوع آخر من الطاقة وهى الطاقة الحرارية وهذه لاتفيدنا وبذلك نعتبرها فاقدة بالنسبة لنا .

أولا — الطريقة الميكانيكية وذلك بتدريج السكة .

ثانيا — الطريقة الكهربائية بالاسترجاع الفرملى .

أولا — الطريقة الميكانيكية بتدريج السكة (Graded Track Constructiont)

يتم ذلك بتعديل نظام ميل السكة بين المحطات كما هو مبين فى الشكل (٣٣) وعلى ذلك فانه يمكننا استخدام ثقل القطار ونزوله فى المنحدر فى كسبه لعجلة القيام والوصول إلى سرعته القصوى كما يمكننا بواسطة ميل السكة إلى أعلا تحويل جزء من طاقة الحركة (Kinetic Energy) إلى طاقة الوضع الكامنة (Potential Energy) ويستعمل هذا النظام فى سكك حديد لندن الأرضية (London Central (Tube) Railway) حيث تنشأ المحطات على مستوى واحد ثم تميل السكة بين المحطات بنسبة ١ إلى ٣٠ نزولا ثم تستوى لمسافة معينة وتميل ثانيا بنسبة ١ إلى ٦٠ صعوداً . ولقد كان السبب فى عدم اختيار ميل ١ إلى ٣٠ فى الصعود أيضاً أن هذا الميل يضايق نظام الاشارات الضوئية وهى ذات أهمية عظمى فى مثل هذه الخطوط .



(شكل ٣٣)

ولقد عملت أطوال هذه الميول بحيث يقطع التيار عن المحركات أثناء مرور القطار على الجزء المستوى من السكة . ويحدث استرجاع الطاقة أثناء

صعود القطار الجزء المائل من السكة ثم يفرمل القطار نهائيا بالفرامل العادية عندما يدخل القطار المحطة .

ولقد وجد فى حالة سكة حديد لندن الارضية (London Central Railway) أنه يمكن استرجاع ما يقرب من ⅓ الطاقة اللازمة لسير القطار بهذه الطريقة . على أن الوفر الاجمالى لا يقتصر على استرجاع جزء من الطاقة الكهربائية فقط وانما نحصل أيضا بهذه الطريقة على المزايا الآتية :

(ا) تمكننا هذه الطريقة من استخدام محركات ذات قوة أصغر لتحريك القطار بنفس السرعة المتوسطة وهذه المحركات ذات وزن أصغر وتكاليف انشاء وصيانة أقل .

(ب) باستخدام هذه الطريقة يتعدل الحمل على محطات التغذية والتوليد وبذلك يتحسن الحمل كثيرا عن المبين فى الشكل (٤٠) وتصير النسبة بين أقصى الحمل ومتوسطة أقل من المبينة فى الشكل المذكور وبذلك يمكننا توليد التيار الكهربائى فى ظروف أحسن كثيرا .

(حـ) ينتج عنها وفر كبير فى استهلاك أحذية الفرامل وعجل القطارات وكذا أجهزة الفرامل وبذلك تقل تكاليف صيانتها .

(د) لا تحدث جهود قاسية على أجسام القاطرات والعربات كما تحدثها الفرامل الميكانيكية .

ولقد اقترح الأستاذ توفيق اسماعيل المهندس بادارة النقل المشترك بالاسكندرية استعمال هذه الطريقة فى سكة حديد الرمل الكهربائية ويدرس حاليا صاحب العزة حسن بك راسم مديرها الحالى عمل تجربة على مسافة بين محطتين متتاليتين فى خط الادارة المذكورة .

<u>ثانيا — الطريقة الكهربائية بالاسترجاع الفرملى Regenerative Braking)</u>

تتلخص هذه الطريقة فى استعمال محركات القطارات كمولدات فى الفترة

(ت ٣) شكل (٢٦) وبذلك فانها تعمل على تحويل جزءا من طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية ترجع ثانيا إلى السلك الهوائى الموصل وتتوقف الطاقة المسترجعة على العوامل الآتية :

(ا) سرعة القطار التى يبدأ وينتهى عندها الاسترجاع الفرملى .

(ب) جودة المهمات الكهربائية والخط الكهربائى عند النقط التى تسترجع عندها الطاقة المولدة .

(حـ) مقاومات الجر للقطار .

مزايا وعيوب الاسترجاع الفرملى

يستعمل الاسترجاع الفرملى بنجاح على الخطوط المائلة الطويلة أما استعماله على الخطوط المستوية كالخط الذى ندرسه فتحوى بعض العيوب وهى أنه :

يجب استعمال محركات أكبر من التى تم حسابها لأن الذى يحدد سعة المحرك هى درجة سخونته وهذه ستكون أعلا بلا شك فى حالة الاسترجاع الفرملى لأن المحرك سيعمل كمولد فى الفترة التى كان من المفروض أن يبرد فيها.

ولما كان حجم المحرك سيكون أكبر كما سنضطر لاستخدام معدات إضافية فان وزن القطار سيكون أثقل وتكاليف صنعه وصيانته ستكون أعلا بلا شك .

كما قد تعترضنا بعض صعوبات أخرى فى حالة زيادة الطاقة المسترجعة فى وقت ما عن سعة المحطة الفرعية .

ولكن هذه العيوب يقابلها مزايا هامة نذكر منها :

(ا) الاقتصاد فى الطاقة الكهربائية اللازمة للخط .

(ب) تقليل التآكل فى أحذية الفرامل (Brake Shoes) وعجلات القطار كما تقل تكاليف صيانتها .

(حـ) تقل كثيرا كمية البرادة التى تتناثر على الخط نتيجة لتآكل أحذية الفرامل وأطارات العجلات الصلب وبذلك تساعد على تقليل المقاومة الكهربائية للسكة ولهذه البرادة خطر كبير لأنها تساعد على شرود تيارات

العودة من القضبان مما يتسبب عنه تآكل للمنشآت المعدنية المدفونة فى باطن الارض .

بعض النتائج العملية للاسترجاع الفرملى على خطوط الضواحى

قامت سكة حديد المترو بوليتان بباريس بتجهيز أحد قطاراتها بمعدات الاسترجاع الفرملى ثم قامت بتجربة فثبت أن الوفر فى الطاقة الكهربائية يبلغ نحو ٢٠ ٪ من الطاقة اللازمة لقطار مماثل غير مجهز بمعدات الاسترجاع الفرملى بينما بلغت كمية الطاقة المسترجعة فى فترة رباط الفرامل نحو ٣٠ ٪ من الطاقة اللازمة فى فترة العجلة (Accelerating Period) .

نستنتج من كل ما تقدم إن خواص خط حلوان — المرج تجعل من الخط حالة مثالية لاستخدام الاسترجاع الفرملى ومما يجدر ذكره أن هذه النقطة بالذات لم يلتفت اليها فى جميع المشاريع السابق دراستها لكهربة خط حلوان . كما اقترح عمل مقارنة بين تكاليف تدريج السكة أو استخدام معدات الاسترجاع الفرملى وإن كنت شخصيا أميل لاستخدام النوع الأول .

١٥ — محطات التغذية الفرعية

ووصف لاحدى هذه المحطات

عدد المحطات الفرعية وقوتها :

يلزمنا محطتين فرعيتين قوة كل منهما ٣٠٠٠ كيلوات وتتكون كل منهما من ثلاث وحدات مقومات زئبقية قوة كل منهما ١٥٠٠ كيلوات . تعمل واحدة منهما فقط فى الأوقات الفاترة وفى أثناء الليل . واثنتين فى أوقات الزحام والوحدة الثالثة كاحتياط .

وصف لاحدى المحطات الفرعية

تشمل المحطة الفرعية لتغذية الخط الهوائى بالتيار المستمر على الأجزاء الآتية (انظر الأشكال ٣٦ ، ٣٧ ، ٣٨) : —

(ا) كابل وصول الضغط العالى وهو الحلقة التى تربط المحطة الفرعية بمحطة التوليد الرئيسية ويكون الضغط العالى على ١٠ آلاف فولت أو أكثر من ذلك — ويتوقف مقدار الضغط العالى على عدة عوامل أهمها بعد المسافة بين محطة التوليد والمحطة الفرعية ثم مقدار الحمل المنقول .

(ب) المفاتيح الزيتية للضغط العالى ومحولات الضغط وشدة التيار اللازمة لأجهزة الضغط العالى .

(ح) المحولات الكهربائية التى تقوم بالتحويل من الضغط العالى إلى الضغط الواطىء .

(ى) أجهزة التحويل من التيار المتغير إلى التيار المستمر .

أنواع أجهزة التحويل من التيار المتغير إلى التيار المستمر

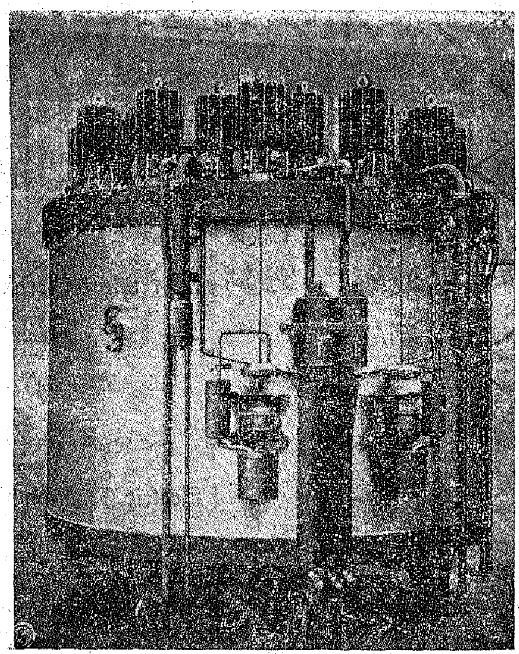
أولا — المحولات الدائرة (Rotary Converters) كالتى اقترحها السير فيليب داوسون والمحـــول الدائر فى أبسط حالاته عبارة عن محرك عضو

الإستنتاج فيه (Armature) مماثل تماما لعضو استنتاج محرك ذو تيار مستمر أى له عضو توحيد (Commutator) ويشمل من الناحية الأخرى لعضو الاستنتاج على حلقات توزيع (Slip Rings) للتيار المتغير . وجودة المحول الدائر أعلا بكثير من أى أجهزة دائرة أخرى وذلك لأن الجزء المتحرك فيه واحد لكل من التيار المتغير والمستمر بينما فى أنواع أجهزة التحويل الأخرى التى تشمل على أجزاء دائرة فإنها تشمل عادة على عضوين منفصلين أحدهما للتيار المستمر والآخر للتيار المتغير .

ثانيا — المحركات المولدات (Motor - Generators) — لا يمكننا أن ننظر لهذا النوع من أجهزة التحويل على أنها محولات كهربائية بحتة ، لأن الطاقة الكهربائية فى ناحية التيار المتردد تتحول بواسطة المحرك إلى طاقة ميكانيكية تدير المولد الكهربائى وهذا يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية من نوع آخر من التيار وهو المستمر . ولذلك فلنا أن نتوقع أن جودة هذه المحولات لا تكون عالية لاحتوائها على عضوين دائرين بدلا من عضو واحد فقط كما فى حالة المحول الدائرى المذكور فى البند السابق .

ثالثا — المقوم الزئبقى (Mercury Arc Rectifier) — ويتكون المقوم الزئبقى شكل (٣٤) من وعاء كبير الحجم مقفل باحكام ومجهز بطلمبات لاحداث فراغ فيه يقرب من الفراغ المطلق ويصل إلى $\frac{١}{١٠٠٠٠}$ من ملليمتر الزئبق وفى أسفل هذا الوعاء قطب مكون من الزئبق وفى أعلاه أقطاب متعددة توصل بالمحول الذى يوصل التيار المتغير بعد تحويله فبواسطة قطب كهربائى مساعد يحدث قوسا كهربائيا بينه وبين الزئبق تتكون بقعة مضيئة على سطح الزئبق تكون هى مصدر خروج الالكترونات أو شحنات الكهربائية السالبة بكثرة متجهة إلى الأقطاب العليا فتشتعل أقواس كهربائية بين القطب الزئبقى وبين الأقطاب الأساسية الأخرى ويمر التيار الكهربائى فى هذه الأقواس ما دام الجهد الكهربائى للأقطاب الأساسية أعلا من الجهد الكهربائى للقطب

الزئبقى الذى تنجذب إليها الشحنات السالبة السابقة الذكر وإذا انعكس الوضع بأن كان الجهد الكهربائى للزئبق هو الأعلا فان التيار الكهربائى لا يمر لان الشحنات الكهربائية السالبة تنطرد عن الأقطاب العليا بدلا من أن تنجذب إليها . وعلى ذلك فعند تغذية الأقطاب العليا بالتيار المتغير الذى تكون نصف ذبذبته موجبة والنصف سالبة فان التيار يمر فيها إلى القطب الزئبقى فى نصف الذبذبة الموجبة ويمتنع مروره فى نصف الذبذبة السالبة وبذلك يتم تقويم التيار الخارج من القطب الزئبقى فيصبح كله تيارا مستمراً ينقل إلى السلك الهوائى لتغذية القطارات الكهربائية .



شكل (٣٤)

مقارنة بين أجهزة التقويم السالف ذكرها

يمتاز المقوم الزئبق على أجهزة التقويم الأخرى السابق ذكرها بالآتى :

(ا) لا يحتوى المقوم الزئبق على أجزاء متحركة أو دائرة فوضعه حتى فى المناطق الآهلة بالسكان لا يزعجهم علاوة على توفيره فى الصيانة والتزييت إلى غير ذلك مما تستلزمه الآلات الدائرة .

(ب) يصمد بسهولة لقوات كهربائية تزيد كثيرا عن حمله الكامل من غير أن يعتريه أى تلف فمثلا مقومات سيمنس (Siemens) التى تعمل بادارة النقل المشترك بالاسكندرية فى محطة الشاطبى الفرعية يمكنها أن تتحمل قوة تزيد عن حملها الكامل بمقدار :

٢٠٠ ٪ للحظات وجيزة

١٠٠ ٪ لمدة دقيقتين .

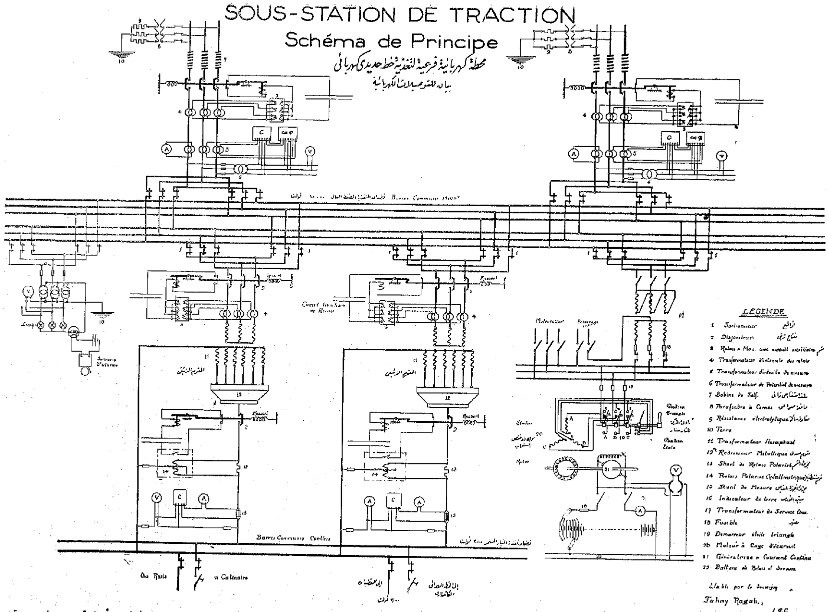
٣٠ ٪ لمدة ساعة .

وذلك بدون أن يلحقها أى ضرر كما أنها تستطيع أيضا احتمال تيار اللفة القصيرة (Short Circuit) وهذه الظروف لا تتوفر فى الآلات الدائرة التى قد يصيبها التلف فوراً من جراء ذلك .

(ح) جودة المقوم الزئبق كبيرة نسبيا (انظر الشكل ٣٥) وتمتاز هذه الجودة بثباتها تقريبا مهما اختلف الحمل وهذه مزية كبيرة فى حالة الجر الكهربائى (Electric Traction) نظرا لاختلاف الحمل على الشبكة فى كل لحظة

(ى) لا يستلزم المقوم الزئبق وضع أساسات خاصة كما أن الحيز الذى يشغله محدود جدا بالنسبة للقوة التى تخرج منه مما يترتب عليه وفر محسوس فى المبانى .

(ه) لا يستلزم المقوم الزئبق أى عمليات طويلة أودقيقة لتوصيله بالخط وذلك بعكس المحولات الدائرة التى تحتاج لعملية (Synchronisation) وهذه

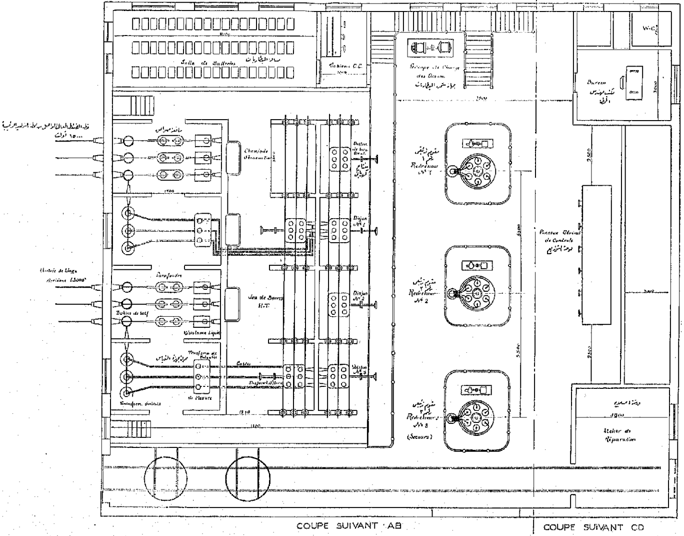


(شكل ٣٦) يبين نموذج للتوصيلات الكهربائية فى أحدى محطات التغذية الفرعية فى مشروع مماثل لمشروع خطى حلوان والمرج قام بتصميمه المحاضر أثناء تخصصه فى هندسة السكك الحديدية والكهربائية بمدرسة الكهرباء العليا بباريس عام ١٩٣٤

نموذج لمحطة فرعية تغذى خط سكة حديد كهربائية

SOUS STATION DE TRACTION

Plan ÉCHELLE 1/50



FAHMY RAGAB

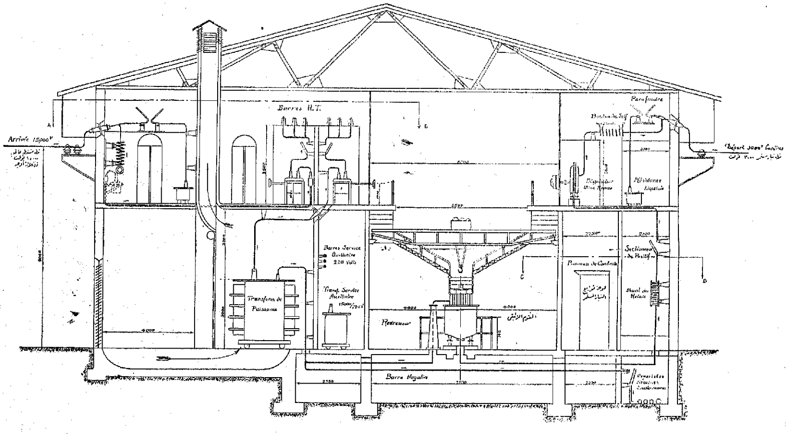
(شكل ٢٧) قطاع أفقى فى بناء محطة التغذية الفرعية السابق ذكرها فى (شكل ٣٦)

نموذج محطة فرعية التغذية خط سكة حديد كهربائية

SOUS-STATION DE TRACTION

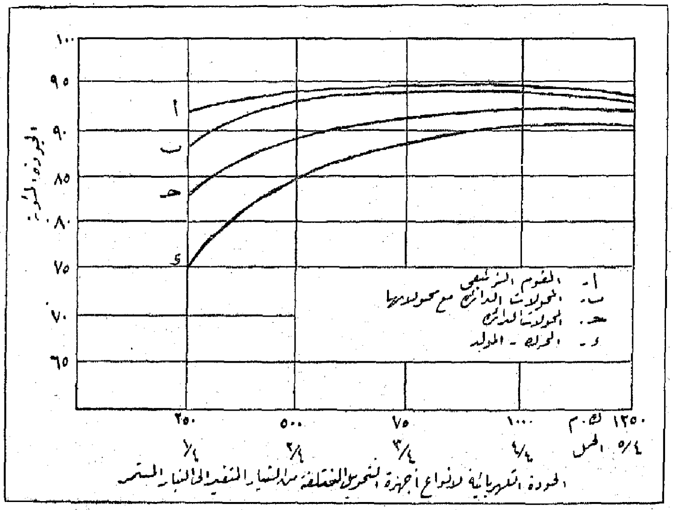
Coupe Transversale

ÉCHELLE 1/50



(شكل ٣٨) قطاع رأسى فى بناء محطة التغذية الفرعية السابق ذكرها فى (شكل ٣٦)

تستغرق بعض الوقت كما يمكن ادخال المقوم الزئبقى فى الخط بطريقة أتوماتيكية إذا استدعت حالة الحمل ذلك وهذا بعكس المحولات الدائرة .



شكل (٣٥)

لكل هذه الأسباب نعطى الأفضلية للمحول الزئبق .

ومن غريب الصدف أننى قمت أثناء تخصصى بمدرسة الكهرباء العليا بباريس عام ١٩٣٤ بعمل مشروع لخط كهربائى للضواحى ولقد كانت خواصه متشابهة جدا مع خواص خط حلوان المرج من حيث الطول وعدد الركاب ونوع القطارات وترينا الأشكال رقم ٣٦ ، ٣٧ ، ٣٨ وصف لاحدى المحطات الفرعية اللازمة لتغذية الخط . ومع مضى ما يزيد على عشرة سنوات على تصميم هذا المشروع فما زال يعتبر هذا المشروع حديثا ويمكن تطبيقه فى وقتنا هذا . وكل ما طرأ عليه من التغيير هو أنه يلاحظ أننى استعملت فى هذه المحطة مقومات زئبقية ذات ستة أوجه أما النوع الحديث فانه يستعمل اثنى عشر وجها وفيما عدا ذلك فلا توجد تعديلات جوهرية .

١٦ — أيهما الأفضل شراء التيار الكهربائى أو توليده

والآن تواجهنا نقطة حيوية فى المشروع ونتساءل : أيهما الأفضل شراء التيار الكهربائى أو توليده ؟ ونلاحظ أن هذا الموضوع كان إحدى النقط الجوهرية التى حدت بلجنة فحص مشروع كهربة خط حلوان عام ١٩٣٥ إرجاء تنفيذ الكهربة لحين دراستها .

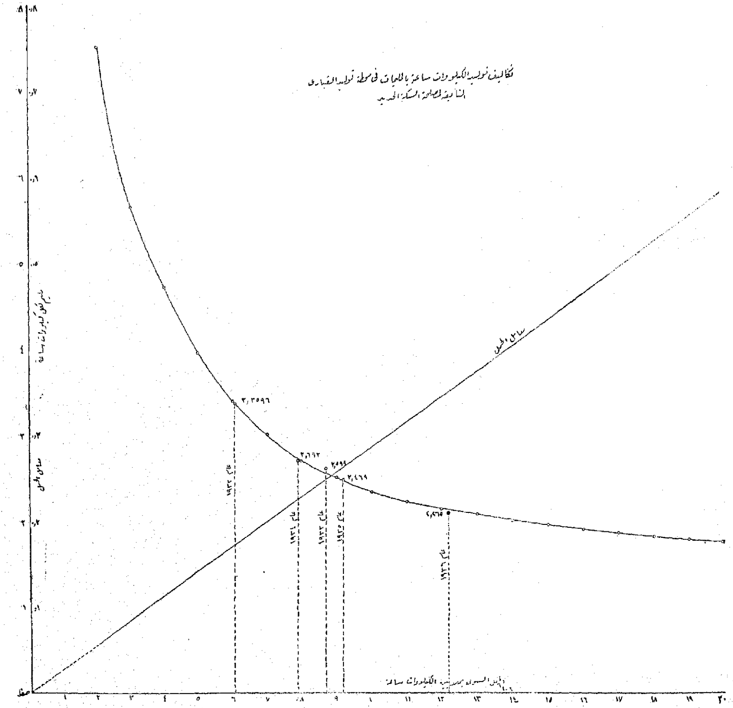
وقبل أن نخوض هذا الموضوع يجدر بنا أن نستعرض ماتقوم بهالهيئات المختلفة فى القطر المصرى والتى تقوم بادارة خطوط كهربائية مماثلة .

مقارنة لاستهلاك التيار لأنواع الخطوط الكهربائية المختلفة فى مصر

الإدارة	طول خطوطها	أقصى القوة اللازمة	الاستهلاك السنوى
النقل المشترك بالاسكندرية	١٤ كيلومترا	٣٠٠٠ كيلوات	٧,٥٠٠,٠٠٠ كيلوات
ترام القاهرة	٦٨ «	٥٠٠٠ «	٣٢,٠٠٠,٠٠٠ «
مترو هليوبوليس والترام الأبيض	٢٢ «	٥٠٠٠ «	٦,٠٠٠,٠٠٠ «
خط حلوان — المرج	٤٢ «	٥٠٠٠ «	١٨,٠٠٠,٠٠٠ «

ونلاحظ أن جميع هذه الهيئات أنشأت محطات توليد خاصة بها عند إنشاء خطوطها ولكنها عمدت جميعا فى السنين الأخيرة إلى اتباع سياسة واحدة وهى أن تقفل محطات التوليد الخاصة بها وتشترى التيار اللازم لخطوطها من هيئة خارجية . فادارة النقل المشترك بالاسكندرية تستورد تيارها من محطة توليد القبارى التابعة لسكك حديد الحكومة المصرية وشركة ترام القاهرة ومترو هليوبوليس تستورد تيارها من محطة توليد شبرا التابعة للشركة المصرية الكهربائية . فما هو السبب فى ذلك ؟

السبب بسيط جدا فى الواقع وينحصر فى النقط الآتية : —

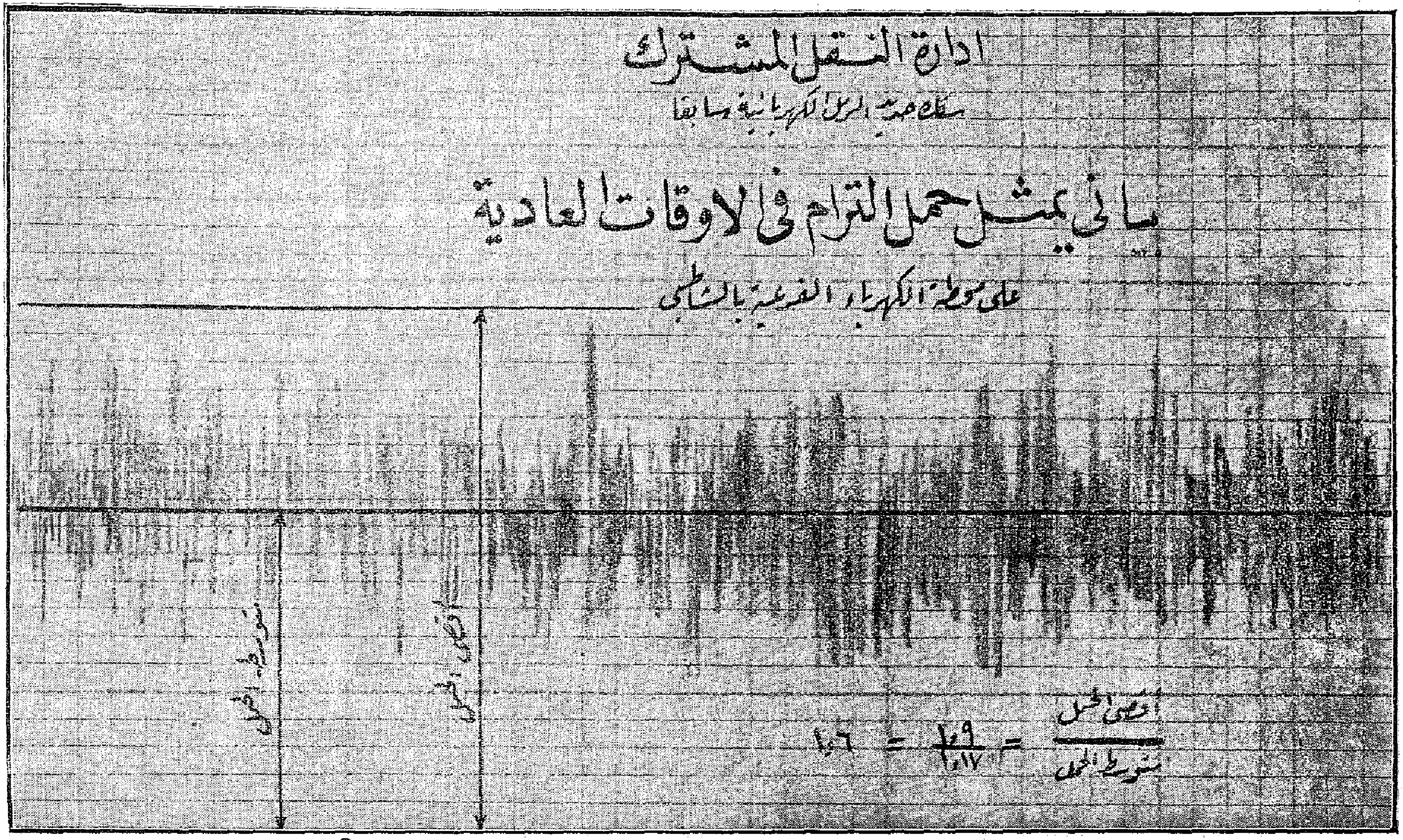


(شكل ٣٩) رسم بيانى يبين تغير تكاليف انتاج الكيلوات ساعة مع زيادة كمية الطاقة الكهربائية المولدة سنويا

أولا — التيار الكهربائى كأى سلعة أخرى خاضع لقوانين الاقتصاد الخاصة بالانتاج الكبير فكلما زاد الانتاج كلما هبط ثمن الوحدة والشكل رقم (٣٩) يعطينا فكرة عن تكاليف توليد الكهرباء بمحطة القبارى التابعة لسكك حديد الحكومة المصرية ومنه يتضح أنه كلما زاد الانتاج قل ثمن وحدة الطاقة الكهربائية .

فى حالة إدارة النقل المشترك مثلا وهى الحالة العملية التى لمستها عن كثب أثناء خدمتى بالادارة المذكورة كانت تكاليف إنتاج الكيلوات ساعة من ماكينات الشاطبي للتيار المستمر تبلغ فى أحسن الحالات ٣,٤ مليم ولا يدخل فى ذلك استهلاك الآلات باعتبار أنه قد تم استهلاكها — فى الوقت الذى كنا نشترى فيه التيار من القبارى بسعر ٢,٤ مليم على الضغط العالى ، فاذا أضفنا إلى ذلك ٢٥٪ الفاقد فى التوصيل والتحويل يصير ثمن الكيلوات ساعة فى ناحية التيار المستمر ٣ مليمات وهذا رقم أرخص من السعر الذى نولد به — كما أنه يرفع عنا عبء متاعب التوليد وصيانة الآلات وغير ذلك من الأعمال .

ثانيا — تختلف طبيعة الحمل الكهربائى اللازم للسكك الحديدية الكهربائية عن ذلك اللازم للأغراض الصناعية الأخرى بأن الحمل يتغير تغيرا سريعا مع الوقت وذلك تبعا لعدد القطارات التى يتصادف وجودها فى حالة قيام حيث تحتاج لتيار كبير نسبيا أو لعدد القطارات التى تسير بأقصى سرعتها بقوة المحركات وهذه تحتاج لتيار منخفض والشكل رقم (٤٠) يعطينا فكرة عن تغير هذا الحمل مع الوقت على خط إدارة النقل المشترك بالاسكندرية (سكة حديد الرمل الكهربائية سابقا) ونلاحظ فيه أنه توجد علاقة بين أقصى الحمل وهو الذى يحدد سعة المحطة الكهربائية وبالتالى تكاليفها ومتوسط الحمل وهو الذى يحدد الاستهلاك السنوى وبالتالى تكاليف وحدة الطاقة الكهربائية . كما هو ملاحظ من الشكل المذكور أن هذه النسبة تبلغ نحو ١,٦ وهى نسبة عالية إذا قورنت بغيره من أنواع الحمل الكهربائى اللازم للصناعات الأخرى .


ادارة النقل المشترك
سكك حديد الرمل الكهربائية سابقا
بيانى يمثل حمل الترام فى الاوقات العادية
على محطة الكهرباء الفرعية بالشاطبى
اقصى الحمل
متوسط الحمل
اقصى الحمل / متوسط الحمل = ١٫٩ / ١٫١٧ = ١٫٦

كما يجدر بنا أن نلاحظ أيضا أن الحمل المتوسط غير ثابت طول اليوم بل يتغير مع ساعات النهار المختلفة تبعاً لعدد القطارات التى تشتغل على الخط ونلاحظ أن فى فترة طويلة من اليوم (أثناء الليل) يهبط الحمل لأقل قيمة له .

وكل هذه عوامل لا تساعد على توليد التيار الكهربائى للخطوط الحديدية الكهربائية فى أحسن حالاته .

كما أننا إذا قمنا بدراسة الخطوط الكهربائية المماثلة فى جميع أنحاء العالم نجد أنها جميعا تقوم بشراء التيار اللازم لها من مصدر خارجى ولا تقوم هى بتوليده إلا لأحد الأسباب الآتية :

أولا — تمر خطوطها فى أماكن نائية تبعد بعدا كبيرا عن مراكز توليد الكهرباء مما يجعل توليد التيار محليا أرخص من نقله .

ثانيا — استخدامها لنوع من التيار أو الذبذبة غير المستعمل فى الصناعة كالتيار المتردد ذو الوجه الواحد أو ذو ذبذبة ٢٥ فى الثانية مما يسبب رفض محطات التوليد المحلية توريده .

ثالثا — أن تكون القوة الكهربائية اللازمة لادارة الخط من الضخامة ما يبرر التوليد بأسعار معقولة .

وعلى ذلك فانى أقترح أن يطرح موضوع توريد التيار الكهربائى فى مناقصة وتقارن الأرقام المقدمة بتكاليف التوليد إذا قمنا بإنشاء محطة مستقلة ويفضل الأرخص .

على أن هناك ثمة نقطة أخرى يجدر بنا دراستها وهى امكان ادماج مشروع توريد التيار الكهربائى اللازم للخط ضمن مشروع توليد الكهرباء اللازم لانارة مدينة القاهرة بعد استيلاء الحكومة على امتيــــاز شركة النور الذى ينتهى عام ١٩٤٨ وأملنا عظيم ألا تقوم الحكومة بتجديد عقد الشركة المذكورة . فباستيلاء الحكومة على مهماتها بما فى ذلك محطة التوليد فانه من الممكن جداً تغذية خط المرج — حلوان وذلك لأن مجموع قوى

المولدات بمحطة الشركة المذكورة تبلغ ٣٨٠٠٠ كيلوات كما أن مجموع ما تولده سنويا يبلغ ٧٥,٠٠٠,٠٠٠ كيلوات ساعة (رقم عام ١٩٤٤) خصوصاً وأن حمل هذه الشركة أغلبه للأنارة أى ليلا — لذلك أعتقد أنه يمكن لمحطة توليدها أن تنتج الطاقة الكهربائية اللازمة لخط حلوان — المرج لأن أغلب حملها يحدث أثناء النهار حيث يوجد نسبة كبيرة من الآلات معطلة عن العمل .

ويلاحظ أنه بهذه الوسيلة يمكننا تحسين معامل حمل المحطة المذكورة وبالتالى تخفيض تكاليف وحدة الطاقة الكهربائية اللازمة لكل من الانارة والخط الكهربائى .

الطاقة الكهربائية التى تلزم الخط سنويا

متوسط عدد القطارات التى تشتغل على الخط يوميا سيكون ٢٠ قطارا

ومتوسط ما يقطعه القطار يوميا سيكون ٤٠٠ كيلومترا

وعلى ذلك تكون المسافة المقطوعة سنويا = ٢٠ (قطار) × ٤٠٠ (كم) × ٣٦٥ (يوما)

= ٢,٩٢٠,٠٠٠ كم

أى ما يقرب من ٣,٠٠٠,٠٠٠ كيلومتر سنويا

الطاقة الكهربائية اللازمة لتحريك القطار كيلومترا واحد = ٦ كيلوات ساعة

∴ الطاقة الكهربائية التى تلزم الخط سنويا = ٦ × ٣,٠٠٠,٠٠٠

= ١٨ مليون كيلوات ساعة

أما باستخدام الاسترجاع الفرملى فيمكننا اقتصاد ٢٥٪ تقريبا من هذه الطاقة وبذلك يلزمنا سنويا ما يقرب من ١٤ مليون كيلوات ساعة .

١٧ — مقايسة اجمالية للمشروع كله

تنقسم تكاليف المشروع إلى :

أولا — أعمال الهندسة المدنية وتشمل :

(ا) انشاء خندق مابين شارع مدرسة الطب و باب اللوق
بطول ١٨٠٠ متر يتكلف المتر الطولى مبلغ ١٥٠ جنيها = ٢٧٠,٠٠٠ جنيها

(ب) انشاء نفق بين باب اللوق وحمام السباحة لوزارة المعارف
بطول ١١٠٠ مترا يتكلف المتر الطولى مبلغ ٣٠٠ جنيه = ٣٣٠,٠٠٠ «

(حـ) إنشاء خندق ما بين حمام السباحة لوزارة المعارف ونهاية
شارع سيدى المدبولى بطول ١٦٠٠ مترا يتكلف المتر
الطولى ١٥٠ جنيها . . . . . . = ٢٤٠,٠٠٠ «

(د) إنشاء نفق بين نهاية شارع سيدى المدبولى ومحطة كوبرى
الليمون بطول ٣٠٠ متر يتكلف المتر الطولى ٣٠٠ جنيه = ٩٠,٠٠٠ «

(هـ) تحسين المزلقانات بخط المرج لغاية الزيتون وهذا
يتكلف مبلغ . . . . = ٥٠,٠٠٠ «
فاذا قدرنا ثمنا اسميا للمهمات الموجودة حاليا فى كل من

خطى المرج وحلوان (بدون القطارات وتوابعها) = ٥٠٠,٠٠٠ «

المجموع لأعمال الهندسة المدنية . . . . = ١,٤٧٠,٠٠٠ «

ثانيا — أعمال الهندسة الكهربائية وتشمل :

(ا) محطتين فرعيتين تتكلف كل محطة مبلغ ٤٠,٠٠٠ جنيها	= ٨٠,٠٠٠ جنيها
(ب) كابلات أرضية للتوصيلات بطول ٤٠ كم مجوز يتكلف الكيلومتر الواحد ١٠٠٠ جنيه بما فى ذلك وضعه فى الارض	= ٤٠,٠٠٠ »
(ح) ٢٥ قطار يتكون كل منها من قاطرتين وعربة مقطورة ثمن القطار ٢٠,٠٠٠ جنيه	= ٥٠٠,٠٠٠ »
(د) السلك الهوائى ٥٠ كم يتكلف ١٢٠٠ جنيه للكيلو متر الطولى	= ٦٠,٠٠٠ »
(ه) إنشاء ورشة وجراج بمصر القديمة تتكلف مبلغ . .	= ١٠٠,٠٠٠ »
المجموع للهندسة الكهربائية	= ٧٨٠,٠٠٠ »
المجموع للهندسة المدنية	= ١,٤٨٠,٠٠٠ »
مجموع التكاليف	= ٢,٢٦٠,٠٠٠ »

وقد احتسبت هذه النفقات على أساس زيادة الأسعار بنسبة ١٠٠٪ عما كانت عليه قبل الحرب .

١٨ — حساب المصروفات والايرادات والارباح

(ا) حساب المصروفات

١ — استهلاك رأس المال

في المهمات الكهربائية على ٢٥سنة = $\frac{٧٨٠٠٠٠}{٢٥}$ = ٣١٢٠٠ ج.م

في أعمال الهندسة المدنية على ٥٠سنة = $\frac{١٤٨٠٠٠٠}{٥٠}$ = ٢٩٦٠٠ «

جملة الاستهلاك سنويا . . . . = ٦٠٨٠٠ «

٢ — أرباح رأس المال بفائدة ٥٪ = $\frac{٥ \times ٢٢٦٠٠٠٠}{١٠٠}$ = ١١٥٠٠٠ «

٣ — مصاريف التشغيل سنويا

المسافة التي تقطعها القطارات سنويا (انظر صفحة ١٠٠) = ٣٠٠٠٠٠٠ كم سنويا

يتكلف الكيلومتر الواحد على أساس تكاليف سكة حديد الرمل عن عام ١٩٤٣ (انظر الجدول شكل ٤١) ص ١٠٧

القوة الكهربائية	٢٠	مليما
الصيانة والعمرة للمهمات الكهربائية	١١	«
صيانة السلك الهوائي	١	«
صيانة الدريسة والمباني	٦	«
المصاريف العمومية	٧	«
الحركة	١٥	«
مجموع تكاليف الكيلومتر الواحد	٦٠	«

أي ان مصاريف التشغيل سنويا = $\frac{٦٠ \times ٣,٠٠٠,٠٠٠}{١٠٠٠}$ = ١٨٠٠٠٠ جم

ويلاحظ أن هذه الأسعار قابلة للانخفاض بعد الحرب.

جملة المصروفات السنوية

		جنيه
استهلاك	=	٦٠٨٠٠
أرباح رأس المال	=	١١٥٠٠٠
مصاريف التشغيل سنويا	=	١٨٠٠٠٠
		٣٥٥٨٠٠

حساب الايرادات

عدد الركاب

لا يمكن أن نعتمد فى عمل حساباتنا هذه على احصائيات الركاب عن عام ١٩٤٥ لأن عدد الركاب زاد فى السنين الأخيرة زيادة غيرطبيعية بسبب ظروب الحرب ولا بد أن الأمور ستعود إلى مجراها الطبيعى بعد الحرب .

لذلك سنأخذ كاساس لحساباتنا أرقام عام ١٩٣٩ ونعتبر أن الزيادة الطبيعية التى نصل اليها عام ١٩٤٨ — باعتبار أننا سنقوم بكهربة الخط فى مدى عامين من تاريخنا (١٩٤٥) ١٠ ٪ — وبعد ذلك نفرض أنه بتحسين هذا الخط وكهربته فان عدد الركاب سيزيد زيادة تاليه تقدر بنحو ٢٥ ٪ وهى نسبة راعينا فيها منتهى التحفظ . (ولقد ثبت من الاحصائيات فى كل من أوروبا وأمريكا أن كهربة الضواحى تسبب زيادة فى عدد الركاب تتراوح بين ٢٠ و٢٠٠ ٪)

وعلى ذلك فان عدد الركاب سيكون كالآتى :

الخط	عدد الركاب سنويا		
	عام ١٩٣٩	عام ١٩٤٨	بعد الكهربة
المرج	١٠,٨ مليون	١١,٩٠ مليون	١٥ مليون
حلوان	٦,٧ مليون	٧,٤٠ مليون	٩,٣ مليون

وسأفرض أن عدد الركاب على الوصلة بين باب اللوق وكوبرى الليمون سيبلغ ٤٠ مليونا راكبا سنويا لأنها ستجذب بلا شك عدد عظيم من ركاب المدينة علاوة على ركاب خطى حلوان والمرج . وسنعتبر أن هناك درجتين فقط أولى وثانية وأن ⅓ عدد الركاب سيركبون فى الدرجة الأولى و ⅔ فى الدرجة الثانية

وبذلك يكون توزيع الركاب كالآتى :

الخــــط	عـــــدد الركاب سنويا		
	الدرجة الأولى	الدرجة الثانية	المجموع
خط المرج	5×10^6	10×10^6	15×10^6
خط حلوان	$3,1 \times 10^6$	$6,2 \times 10^6$	$6,3 \times 10^6$
الوصلة بين كوبرى الليمون وباب اللوق	13×10^6	27×10^6	40×10^6

ثمن التذاكر

سنأخذ متوسط أسعارما قبل الحرب كاساس لأسعار التذاكر على كل من الخطين

	درجة أولى	ثانية
متوسط ثمن التذكرة على خط حلوان قبل الحرب	٣٠ مليم	١٥ مليم
متوسط ثمن التذكرة على خط المرج قبل الحرب	٣٠ «	١٥ «
متوسط ثمن التذكرة الوصلة كوبرى الليمون وباب اللوق	١٠ «	٥ «

فان الدخل سيكون :

الخــــط	الدخـــــــل		
	الدرجة الاولى	الدرجة الثانية	المجموع
المرج	١٥٠,٠٠٠ جنيها	١٥٠,٠٠٠ جنيها	٣٠٠,٠٠٠ جنيها
حلوان	٩٣,٠٠٠ »	٩٣,٠٠٠ »	١٨٦,٠٠٠ »
الوصلة بين كوبرى الليمون و باب اللوق	١٣٠,٠٠٠ »	١٣٠,٠٠٠ »	٢٦٠,٠٠٠ »
مجموع الدخل	٣٧٣٠٠٠ جنيها	٣٧٣٠٠٠ جنيها	٧٤٦٠٠٠ جنيها

(ح) حساب الارباح

الايراد السنوى	=	٧٤٦٠٠٠	جنيها
جملة المصروفات	=	٣٥٥٨٠٠	»
صافى الارباح	=	٣٩٠٢٠٠	»

$$\text{نسبة الارباح إلى رأس المال} = \frac{٣٩٠٢٠٠}{٢٢٦٠٠٠٠} = ١٧,٢ \%$$

ويلاحظ أن هذا الرقم احتسب فى أسوأ الظروف الممكنة وهى أسعار المهمات والانشاءات فى زمن الحرب وإيرادات الركاب بأسعار ما كانت عليه قبل الحرب .

تكاليف تشغيل الترام عام ١٩٤٣

متوسط سعة القطار الواحد ١٧٣ راكباً « جلوس ووقوف »

البنـــد		رقم البنـد	متوسط التكاليف بالمليات لكل كيلو متر يقطعه قطار الترام اذا كانت المسافات المقطوعة يوميا بالكيلو مترات هي : ٥٠ كيلومتر	١٠٠ كيلومتر	١٥٠ كيلومتر	٢٠٠ كيلومتر	٢٥٠ كيلومتر	٣٠٠ كيلومتر	٣٥٠ كيلومتر	٤٠٠ كيلومتر
			مليم	مليم	مليم	مليم	مليم	مليم	مليم	مليم
القوة الكهربائية المحركة		١	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤	٢٠,٥٤
الصيانة والعمرة		٢	١١,٤٤	١١,٤٤	١١,٤٤	١١,٤٤	١١,٤٤	١١,٤٤	١١,٤٤	١١,٤٤
الدريسه والمباني		٣	٦,٦١	٦,٦١	٦,٦١	٦,٦١	٦,٦١	٦,٦١	٦,٦١	٦,٦١
السلك الهوائي		٤	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢	١,٢٢
المصروفات العمومية		٥	٥١,٨٠	٢١,٩٠	١٧,٣٠	١٢,٩٤	١٠,٣٥	٨,٦٤	٧,٤٠	٦,٤٨
الحـــركة		٦	١٣٤,٤٠	٦٧,٢٠	٤٤,٨٠	٣٣,٦٠	٢٦,٩٠	٢٢,٤٠	١٩,٢٠	١٦,٨٠
استهلاك ثمن القطار ٥٣٠٠ جنيه	على أساس ٣٠ سنة وسنة العمل ٣٣٠ يوما	٧	١٠,٧١	٥,٣٦	٣,٥٨	٢,٦٨	٢,١٤	١,٧٩	١,٥٣	١,٣٤
	على أساس ٢٠ سنة وسنة العمل ٣٣٠ يوما	٨	١٦,٠٥	٨,٠٣	٥,٣٥	٤,٠٢	٣,٢١	٢,٦٨	٣,٣٠	٢,٠١
جملة الترام	١ + ٢ + ٣ + ٤ + ٥ + ٦ + ٧	« ا »	٢٣٦,٧٢	١٣٨,٢٧	١٠٥,٤٩	٨٩,٠٣	٧٩,٢٠	٧٢,٦٣	٦٧,٤٤	٦٤,٤٣
	١ + ٢ + ٣ + ٤ + ٥ + ٦ + ٨	« ب »	٢٤٢,٠٦	١٤٠,٩٤	١٠٧,٢٦	٩٠,٣٧	٨٠,٢٧	٧٣,٥٣	٦٨,٢١	٦٥,١٠

(شكل ٤١)

١٩ — مزايا مشروع كهربة خط حلوان ووصله بخط المرج

إن لهذا المشروع فى الوقت الحالى بوجه خاص مزايا عظيمة جداً وأهمها: —

أولا — العمل على فك أزمة المساكن فى مدينة القاهرة . والاستفادة لأقصى مايمكن من ضواحى مدينة القاهرة وإعداد سكن صحى خال من الدخان والأتربة والضوضاء .

ثانياً — تصقيع الضواحى الميتة وكشف الستار عما ينتظرها من مستقبل مزدهر ويكفى أن نذكر أن عقب تصريح معالى وزير المالية بعزم الحكومة على كهربة خطى حلوان والمرج حدث انتعاش فى سوق هذه الأراضى . والفائدة التى تعود على الحكومة تفوق الفائدة التى تعود على الأهالى . فانه فضلا عن الفائدة المباشرة لها كمالكة فان لها فائدة أخرى وهى الزيادة فى الضرائب التى سوف تحصلها من جراء تحسن حال هذه المناطق .

ثالثا — فك أزمة المرور بالمدينة إذ أن الوصل بين الخطين سيستوعب جزءاً كبيرا من الركاب الذين يضطرون إلى إستعمال وسائل النقل العادية وبذلك يزحمون الطرق ووسائل المواصلات .

رابعا — تجميل مدينة القاهرة وذلك بادخال وسائل النقل الحديثة السريعة ثم بإزالة الدخان والفحم والشرر الذى يتطاير من المركبات البخارية الحالية فضلا عن صوتها المزعج .

خامسا — مزايا صحية وذلك باستخدام وسائل مواصلات صحية داخل المدينة تحل محل وسائل النقل بالأوتوبيس أو بالسيارات وهذه كما نعلم يحتوى غازات العادم المتخلفة منها على نسبة كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون تتراوح بين ١٠ و١٥ ٪ وماهو إلا غاز سام وخطر جدا . وأهم خواصه أنه لالون له ولا رائحة يستنشقه الجمهور فيتحد مع كرات الدم الحمراء ويمنعها من تأدية وظيفتها الطبيعية التى تنحصر فى أكسدة الأنسجة الفاسدة من الجسم

وإعادة مافقدته من الأكسجين . ولقد قدر الكيمائيون أن نسبة ١ ٪ من هذا الغاز فى الهواء الساكن لمدة طويلة كافية لإحداث الوفاة .

سادسا — مزايا استراتيجية — كان من أهم الدروس التى تعلمناها خلال الحرب العالمية هو العمل على تسهيل المواصلات بين المدن الكبيرة وضواحيها البعيدة والريف أيضا . ولقد ظهر هذا الأمر جليا بالنسبة لمدينة الاسكندرية عند مانكبت بالغارات المتتالية واضطر الأمر فى أكثر من مناسبة لإخلاء المناطق الخطرة إلى خارج المدينة ورأينا كيف أن وسائل النقل والمواصلات لم تكن كافية مطلقا ولقد كانت الحوادث نتيجة للازدحام فى طرق المواصلات المؤدية إلى خارج المدينة وضواحيها تفوق ضحايا الغارات فى بعض الأحيان .

كما أن النفق الأرضية يمكن استعمالها كمخابىء تقى الجمهور خطر الغارات الجوية ولقد استعملتها لندن وبرلين فعلا فى خلال هذه الحرب — لذلك نرجو ألا تطغى موجة السلم التى تعقب عادة عاصفة الحروب على مزايا هذا المشروع من هذه الناحية .

سابعا — إن هذا المشروع يضع حدا لاستبداد بعض شركات الاحتكار التى نالت امتيازاتها فى ظروف لم تكن فى صالح المصريين قطعا — فالآن أمامنا الفرصة سانحة لاصلاح بعض أخطائنا الماضية — فهل نتركها تمر دون أن ننتهزها ؟

ثامنا — مزايا اقتصادية :

أ — انه بغض النظر عن الوفر فى الوقت الذى يعود على الركاب والذى يعتبر فى الحد ذاته ميزة اقتصادية منقطعة النظير فان هذا المشروع الحيوى يحوى مزايا أخرى لاتقل أهمية وذلك لأن سيستخدم فى إنشائه عددا كبيرا من العمال .

وبذلك فان هذا المشروع سيعمل على فتح أبواب للرزق للكثيرين من

العمال ومحاربة البطالة بعد الحرب وهى المشكلة الرئيسية التى تواجه البلاد حاليا .

ب — كما أن قيام هذا المشروع بأموال مصرية صميمة وبأيدى عاملة ورؤوس مفكرة مصرية لها يفتح مجال العمل للكثير من الشبان المتعلمين والذين ستغص بهم البلاد قريباً وبعد زوال أغلب المنشآت والأعمال التى قامت بمناسبة الحرب

حـ — ثم انه باستخدام رؤوس الأموال المعطلة حاليا فى البنوك وفى صندوق التوفير ولعلكم تدهشون إذا علمتم أن المودع فى صندوق التوفير فقط يقرب من العشرين مليونا من الجنيهات وكل ما نطلبه لمشروعنا هذا لايزيد كثيراعلى المليونين من الجنيهات .

وبذلك فان المشروع سيعمل على امتصاص جزء من النقد المتداول ويساهم ولو بنصيب متواضع فى التلطيف من حدة التضخم المالى فى البلاد .

٢٠ — مقارنة بين كهربة الخط او استعمال مركبات الديزل او استعمال الاتوبيس

محاولة تحسين الخط باستخدام محركات الديزل ومقارنة تكاليفها بنفقات الكهربة

بعد فحص عدة سنوات ومناقشات ومداولات قررت مصلحة السكك الحديدية ادخال مركبات الديزل على خط حوان . وفعلا اشترت المصلحة ١٠ قطارات كل قطار مكون من عربتين وكان يظن فى أول الأمر أن هذه القطارات كافية للخط على أساس أن سبعة منها تعمل على الخط بينما ٢ تبقى فى العمرة والاصلاح وواحدة كاحتياطى للخط .

ولقد قدر لهذه المركبات مبلغ ١٠٠,٠٠٠ جنيه يقابل ٣٠٠,٠٠٠ جنيه وهى تكاليف كهربة الخط كما قدر مبدئيا مبلغ ٤٠٠٠ جنيه ثمنا لاستهلاك وقود زيت الديزل سنويا . وفى سنة ١٩٣٦ اشتريت تلك المركبات ولكن بثمن ١٥٦,٠٠٠ جنيه مصرى بدلا من ١٠٠,٠٠٠ جنيه كما أن مبلغ الأربعة آلاف جنيه للوقود لم تكن إلا جزء بسيط من التكاليف الاجمالية لصيانة هذه المركبات .

ومع أن السرعة التى تسير بها عربات الديزل قد قللت من زمن الرحلة وأصبحت مريحة للركاب لا دخان لها ولا صوت يزعج سكان الأحياء التى تمر بها إلا أنها لم تحقق الغرض الذى اشتريت من أجله إذ تبين بعد تشغيلها ببضع سنوات أن أكثر من نصف عددها يحتاج دائماً إلى اصلاح بحيث لا يمكن للعدد الباقى منها القيام بالخدمة المطلوبة خصوصا وقد تضاعف عدد الركاب تقريبا فى هذه الفترة مما اضطر المصلحة إلى اكمال العدد اللازم من القطارات باضافة عربات بخارية وقطارات بخارية عادية . ويرجع السبب فى كثرة احتياج عربات الديزل للاصلاح إلى تعدد قيامها ووقوفها فى المحطات

فى فترات قصيرة وفى هذا ما يجهد أجزاءها جهداً كبيراً لم تكن تتحمله مما زاد فى مصروفات صيانتها وهى فى الحقيقة أصلح للعمل على الخطوط الطوالى .

ولتشغيل الخط بعربات الديزل وحدها قدر أن الأمر يحتاج لشراء ثمان عربات أخرى ثمنها نحو ١٣٠ ألف جنيه وبذلك يصبح رأس المال المدفوع ثمنا لآلات الديزل ٢٨٦ ألف جنيه وذلك مقابل ١٦٠,٠٠٠ جنيه مصرى التى قدرها حسين بك سعيد فى مشروعه لكهربة الخط فى عام ١٩٣٤ .

المفاضلة بين الأتوبيس والقطار الكهربائى على خطى حلوان والمرج

يختلف الاتوبيس عن القطار الكهربائى فى الآتى :

أولا — النقل بالأتوبيس لا يتحمل نفقات انشائية كنفقات إنشاء الطرق وصيانتها ومد الأسلاك الهوائية والكابلات وبناء محطات التوليد الرئيسية ومحطات التقويم الفرعية وجميع هذه المعدات يجب أن تكون تامة مستوفاة سواء أكانت الحركة على الخطوط كثيرة أم قليلة .

ثانيا — يمتاز الأتوبيس بمرونة الخدمة ففى حالة زيادة الحركة عن كفاية سيارات الأتوبيس المستعملة يمكن زيادتها تدريجياً لتفى بالحركة المتزايدة دون تحمل نفقات إنشائية جديدة وهذا عكس الحال فى السكك الكهربائية حين تطرأ هذه الزيادة .

ثالثا — ولكن يمتاز النقل بالقطار الكهربائى بتكاليف أرخص فى تشغيله لعدة أسباب أهمها :

(١) أن الجهد فى مقاومة سير القطار يبلغ نحو ٥ كيلو جرامات للطن الواحد — بينما فى حالة السيارة لا يقل عن ٣٥ كيلوجراما للطن الواحد لأن القطار الكهربائى يجرى على قضبان مستوية لا تعرجات أو مقاومات هامة تصادف سير القطار عليها أما السيارة فيجب أن تقاوم تعرجات الطريق والحفر الصغيرة والدورانات الخ .

(ب) مدة استهلاك القطار الكهربائى أطول من السيارة — فبينما يستهلك الأتوبيس على مدد تتراوح بين خمس وثمان سنوات إذا بنا نستهلك القطار الكهربائى على مدد تتراوح بين خمسة وعشرين وثلاثين سنة .

(ح) تكاليف صيانة القطار الكهربائى أقل كثيراً من السيارة التى تحمل معها دائماً محطة توليد قوتها المحركة .

(د) مدة خدمة القطار الكهربائى وهى ٨٠ فى المائة من أيام السنة أطول من مدة خدمة الأتوبيس الذى لا يمكنه أن يعمل أكثر من ٦٠ فى المائة من أيام السنة والباقى فى الاصلاحات البسيطة أو العمرة السنوية .

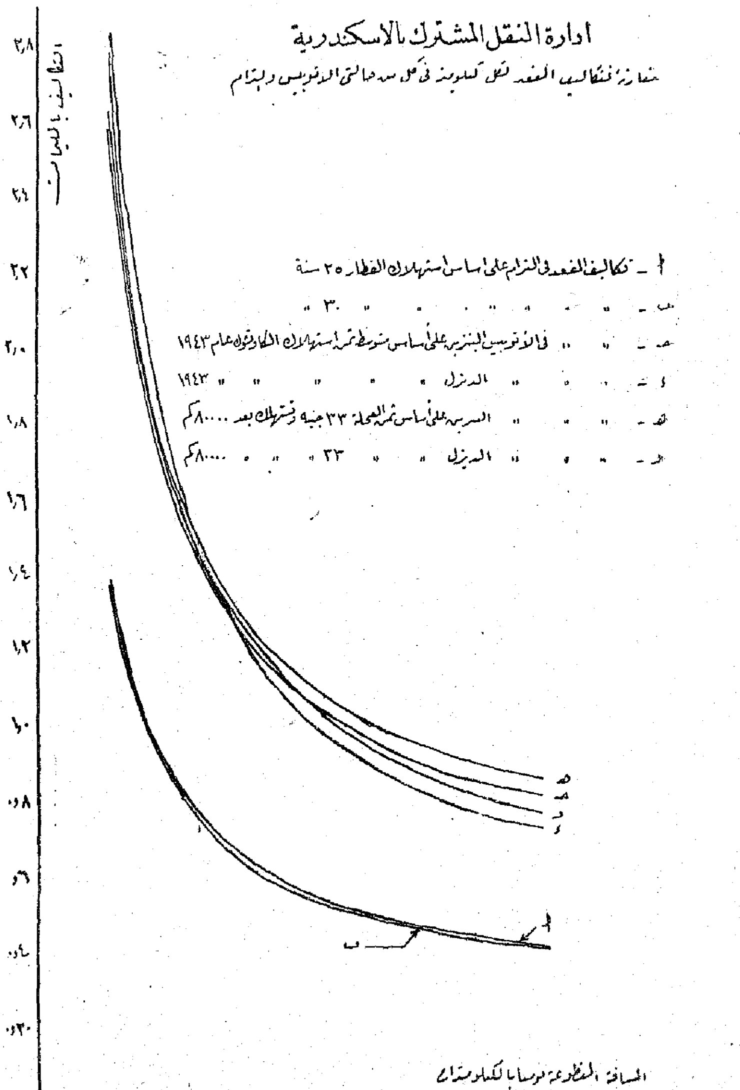
ويمكن اجمال كل ما سبق فى مقارنة عملية لتكاليف كل من مقعد الترام ومقعد الاتوبيس لكل كيلومتر واحد عن حسابات ١٩٤٣ فى ادارة النقل المشترك بالاسكندرية (شكل رقم ٤٢) وهذه الادارة تقوم بتشغيل هذين النوعين على خطوط ضاحية الرمل أى فى ظروف من الخدمة تكاد تكون متماثلة . ويتضح منها أن تكاليف المقعد فى الترام فى أسوأ أحواله لاتزيد عن نصف تكاليف مثيله فى الأتوبيس (شكل رقم ٤٣)

من كل ماتقدم نستخلص أن أفضل نظام يمكن ادخاله على وسائل المواصلات بين العاصمة وضاحيتى حلوان والمرج من جميع الوجوه هو كهربة الخطين الحديديين الموصلين اليهما .

مقارنة تكاليف كل من مقعد الترام ومقعد الأوتوبوس لكل كيلو متر

			متوسط التكاليف بالمليمات لكل كيلو متر يقطعه المقعد الواحد اذا كانت المسافة المقطوعة يوميا بالكيلومترات هى :						
			٥٠ كيلومتر	١٠٠ كيلومتر	١٥٠ كيلومتر	٢٠٠ كيلومتر	٢٥٠ كيلومتر	٣٠٠ كيلومتر	٢٥٠ كيلومتر
الترام	على أساس استهلاك القطار بعد مدة ٣٠ سنة		مليم ١,٣٧	مليم ٠,٨٠	مليم ٠,٦٥	مليم ٠,٥١	مليم ٠,٤٦	مليم ٠,٤٢	مليم ٠,٣٩
	على أساس استهلاك القطار بعد مدة ٢٠ سنة		١,٤٠	٠,٨١	٠,٦٣	٠,٥٢	٠,٤٦	٠,٤٣	٠,٣٩
الأوتوبوس	على أساس متوسط ثمن واستهلاك الكاوتشوك فى عام ١٩٤٣	بنزين	٢,٥٨	١,٥٥	١,٢١	١,٠٤	٠,٩٣	٠,٨٦	٠,٨٢
		مازوت	٢,٧٨	١,٥٨	١,١٨	٠,٩٨	٠,٨٦	٠,٧٨	٠,٧٣
	على أساس ثمن الكاوتشوك فى الوقت الحاضر ٣٣ جنيه للعجلة وتستهلك بعد ٨٠,٠٠٠ كم	بنزين	٢,٦٣	١,٦٠	١,٢٥	١,٠٨	٠,٩٨	٠,٩١	٠,٨٦
		مازوت	٢,٨٢	١,٦٣	١,٢٣	١,٠٣	٠,٩١	٠,٨٣	٠,٧٧

(شكل ٤٢)


ادارة النقل المشترك بالاسكندرية
مقارنة تكاليف المقعد لكل كيلومتر في كل من حالتي الاوتوبيس والترام
أ – تكاليف المقعد في الترام على أساس استهلاك القطار ٢٥ سنة
ب – " " " " " " " ٣٠ "
حـ – " " في الأوتوبيس البنزين على أساس متوسط ثمن استهلاك الكاوتشوك عام ١٩٤٣
د – " " " " الديزل " " " " ١٩٤٣
هـ – " " " " البنزين على أساس ثمن العجلة ٣٣ جنيه وتستهلك بعد ٨٠٠٠٠ كم
و – " " " " الديزل " " ٣٣ " " ٨٠٠٠٠ كم
التكاليف بالمليمات
٢٫٨
٢٫٦
٢٫٤
٢٫٢
٢٫٠
١٫٨
١٫٦
١٫٤
١٫٢
١٫٠
٠٫٨
٠٫٦
٠٫٤
٠٫٢٠
هـ
حـ
و
د
أ
ب
المسافة المقطوعة يوميا بالكيلومترات
٥٠
١٠٠
١٥٠
٢٠٠
٢٥٠
٣٠٠
٣٥٠

شكل (٤٣)

٢١ — أيهما أفضل كهربة الخط بواسطة الحكومة او اعطائه لشركة مصرية

يدور البحث الآن عن أيهما أفضل — كهربة الخط وإدارته بواسطة الحكومة أو اعطائه لشركة مصرية . ولكل سياسة أنصار يدلون ببراهين تأييداً لوجهة نظرهم . فأنصار ادارة الخط بواسطة الحكومة يقولون . — « بأن عملية النقل بواسطة السكك الحديدية تعتبر من العمليات ذات صبغة المنفعة العامة وأهم ظاهرة لها أنها ذات صبغة احتكارية فأذا كانت فى يد الأفراد فانها تصبح خطراً على مصالح الجمهور تتحكم فيه كيف شاءت ولا رائداً لها إلا استدرار الربح لذلك كان لزاما أن تكون هذه الصناعة تحت ادارة الحكومة فهى خير من الأفراد فى القيام بهذه المهمة يدفعها إلى ذلك المصلحة العامة قبل أى اعتبار آخر » .

ولقد كان من انتشار المبادىء الاشتراكية فى هذه الأيام الميل إلى التملك الحكومى وهذا ماينادى به حزب العمال حالياً فى انجلترا مع أنها مهد الديموقراطية

أما أنصار فكرة أعطاء المشروع لشركة مصرية فيقولون بأن نجاح الديموقراطية فى ادارة المنافع للعامة يتوقف على تقدير الشعب للمسئولية الأدبية الملقاة على عاتقه وعلى مقدار مانا له من التعليم ومستوى الأخلاق العام حتى يتيسر له انتخاب الموظفين المدربين والخبراء الفنيين . ويعترف توسيج Taussig علامة الاقتصاد بوجود هذا النقص فى كثير من الأمم ويقول :

« إن علة الفساد والفوضى المتفشية فى أعمال الهيئات الحكومية سببه الاحتكار لكثير من المشاريع العامة الكبرى ، وأن العلاج لهذه المساوىء تحويلها إلى ملكية عامة . فالاحتكارات بما تدره من الأرباح منبت الشر وأصل الفساد تبطر القائمين بها وتغرى ضعاف الأخلاق من الموظفين العموميين بالشره وحب المادة ، فيجدون فى الاحتكار مرتعا خصبا لذلك

وسواء أكان البادى بهذا هم الموظفين أم أصحاب الاحتكارات فأن أقل ماتدل عليه هو الفوضى السائدة فى الأعمال العامة »

وهنا موضوع آخر نلاحظه جميعاً فى المصالح الحكومية وفى مقدمتها مصلحة السكك الحديدية هو تأثرها بسياسة الأحزاب السائدة فى الدولة وهذه لا تخلو كما نعلم جميعاً من المسائل الشخصية . وليس ذلك فى بلادنا فقط وإنما فى أغلب الحكومات .

ويقول الأستاذ الفرد مارشال فى كتابه (الصناعة والتجارة) « مادخلت السياسة أمراً إلا أفسدته ، تحابى فى تعيين الموظفين وترقيتهم تبعا للنزعات الحزبية وبذلك تدفن الكفايات فيختل النظام وتسود الفوضى ، »

كما يجب أن نلاحظ أن الحكومة لا يمكن أن تكون تاجرة ناجحة وذلك لبطء الاجراءات المالية وتعقد قوانينها ولوائحها مما يفوت على الحكومة الكثير من الصفقات . ويقول (السير وليم اكورث) فى المحاضرة التى ألقاها فى جمعية الاقتصاد الملكية عن تملك الحكومة للسكك الحديديه « يدلنا البحث الدقيق على أن السكك الحديدية فى يد الحكومة فى الغالب لا تأتى بنفقاتها وتملكها المشاريع العامة صفقة غير مربحة . فالشركات أقدر على استغلالها وأكفأ . ولو قسنا الأجور نجدها أقل فى يد الشركات منها فى يد الحكومة ، هذا إلى أن ملكية الحكومة لها لاريب آتية لا محالة »

ومن رأى الأستاذ (دوجلاس كنوب) أستاذ الاقتصاد فى جامعة شيفيلد:

١ — ان الحكومات غير صالحة لادارة السكك الحديدية ولا يرجى لها التقدم تحت إدارتها وعلى النقيض من ذلك الشركات . فالربح يحض ويبعث همم أصحابها على النهوض بها . هذا الباعث لاوجود له فى السكك الحديدية الحكومية والدليل على ذلك أن الحكومة الفرنسية تملكت سكة حديد الغرب الفرنسية سنة ١٩٠٩ فكانت صفقة غير موفقة ، فقدجاءت مخيبة لأمل الجمهور من كل وجه . ومن جهة أخرى فان حالة ميزانيتها كانت صورة تنبىء

بفساد إدارتها فقد كان العجز فى ميزانية سنة ١٩٠٨ آخر سنة للشركة ٢٧ مليون فرنكا فصار العجز فى سنة ١٩١٢ وهى حكومية ٨٤,٥ مليون فرنكا ومتوسط نفقات التشغيل عن الأربع السنوات الأخيرة للشركة كان ٦٠,٧٪ من المصروفات وعن الأربع سنين الأولى فى يد الحكومة كان ٨٠,٥ ٪ ومتوسط نفقات التشغيل عن سنة ١٩١٢ كان ٩١ ٪

ب — يعاب على السكك الحديدية الحكومية أن تكون عرضة لأهواء الأحزاب السياسية وميولها تغدق على أنصارها وأعوانها الوظائف وكذلك فى تحديدها فئات الأجور قد تحابى صناعة وتميت أخرى . أو قد يكون الباعث على إنشاء السكك الحديدية فى منطقة معينة محاباة لفريق معين بقصد استمالة هؤلاء لجانبها . وهى ترفع أجور موظفيها بلا مراعاة للحالة الاقتصادية ولا غرض من ذلك لها إلا أن تجعل منهم أنصاراً لها يعضدونها فى سياستها وهذه ظاهرة سيئة جداً يتفاقم خطرها إذا كانت الحالة السياسية غير مستقرة . غير أن أنصار التملك الحكومى فى انجلترا يعتقدون بأن لاخطر لمثل هذه الأوهام المبالغ فيها لأن المستوى الاخلاقى لجميع الأحزاب كفيل بوضع الأمور فى نصابها .

حـ — فاذا فرضنا أن السكك الحديدية (يقصد فى انجلترا) صارت حكومية ترتب على ذلك زيادة عدد الموظفين الحكوميين بما يناهز ٦٠٠,٠٠٠ موظف وهذا العدد هو الموجود الآن فى الشركات القائمة فى انجلترا ولذلك خطران أولها أن هذا العدد الكثير من الموظفين كناخبين تقوى شوكته فيملى على الحكومة رغباته — وثانيهما فى حالة إضراب هؤلاء الموظفين عن العمل يكون الخطر أعظم عما إذا كانت السكك الحديدية فى يد الشركات . ففى الحالة الثانية تتدخل الحكومة بين الطرفين كحكم تقرب شقة الخلاف بينهما وهذا لا يتيسر إذا كانت السكك الحديدية حكومة لأنها لا تكون خصماً وحكماً معاً . ولو حدث بهذا الشكل فان نتائجه تكون وخيمة لا يعرف مداها إذا استمر مدة طويلة.

على أن أنصار التملك الحكومى يؤملون تحقيق عدة إصلاحات فيقولون انة يحدث اقتصاد عام نتيجة توحيدها تحت ادارة واحدة ويرون أن آمالهم التى يصبون اليها تتحقق فى التملك الحكومى بما يرونه فى بعض الدول الأوربية التى تملك السكك الحديدية كالمانيا وسويسرا . إلا أن هذا وهم باطل فان السكك الحديدية الحكومية يكثر فيها عدد الموظفين عن حاجة العمل وتتضخم المرتبات لكبار الموظفين وتخلق وظائف جديدة لا لحاجة العمل اليها بل لخدمة أشخاص معينين . وهذه حقيقة لا يمكن تبريرها بأى حال من الأحوال .

يتبين لنا مما سبق أن وجه التفاضل بين التملك الحكومى والفردى لا يقوم إلا على أساس التنازع بين الاشتراكية والفردية . وبما أن الحجج لكل فريق لها نصيب من الصحة ولا يمكن إغفالها فلا ريب أن الحل الوحيد لهذه المعضلة الاجتماعية هو الإشراف الحكومى وإن كان لا يعتبر هذا هو الطريقة المثلى لكنه حل وسط بين السياستين .

٢٣ — الخطوط الأخرى الممكن كهربتها بنجاح فى القطر المصرى

يوجد كثير من مشروعات السكك الحديدية فى القطر المصرى الممكن كهربتها بنجاح ومن أمثلة ذلك : —

(ا) خط الاسكندرية — أبو قير : لقد كان هذا المشروع موضوع دراسات كثيرة ولكن للآن لم يتم شيء بصدده .

(ب) خط مصر — الاسكندرية : أصبحت حركة مرور القطارات على هذا الخط حاليا من الكثافة مايبرر كهربته كما أنه بكهربة هذا الخط يمكن مضاعفة حركة المرور عليه وذلك بتقليل عدد العربات المكونة للقطارات وزيادة عدد الأخيرة وبهذه الطريقة يمكن لنا تقليل فترة الانتظار بين القطارات وكذا يصير فى الامكان زيادة السرعة المتوسطة الى ١٠٠ كم فى الساعة وبذلك يمكن للقطار السريع أن يقطع المسافة إلى الاسكندرية فى أقل من ساعتين ونصف . كما أنه نظراً لعجلة القيام الكبيرة للتى يمكن الحصول عليها فان قطار الركاب يمكنه أن يقطع المسافة إلى الاسكندرية فى نفس الوقت الذى يقطع فيه القطار الاكسبريس هذه المسافة حاليا واقترح استعمال التيار المستمر ٣٠٠٠ فولت على هذا الخط . وستكون تكاليف كهربة هذا الخط بسيطة نسبيا وذلك لامكان الحصول على التيار اللازم للخط من بلديات البلاد الكبيرة الواقعة على الخط والتى لديها من القوة الكهربائية ما يكفى لتغذية الخط أثناء النهار لأن أغلبها يشتغل على أعمال الإنارة ليلا . وسيكون هذا المشروع موضوع دراسة قريباً إن شاء الله .

(حـ) خط بورسعيد — دمياط : ويأتى هذا المشروع فى مقدمة لمشاريع الواجب التفكير فيها ويمكن فى هذه الحالة استعمال كوبرى اشتوم الجميل المهمل حاليا .

(ى) خط مصر — الفيوم عن طريق الصحراء : ويعتبر هذا المشروع من المشاريع الهامة الواجب دراستها . لأن تكاليف إنشاء هذا الخط تبرر كهربته بالرغم مما قد يبدو للبعض أن كثافة الركاب للكيلومتر قد لا تبرر هذا وذلك لأن الطريق الصحراوى وطوله من الفيوم إلى مصر يبلغ نحو ١٠٠ كيلو متر (يقل ٢٠ كيلو متر عن الخط الحديدى الحالى عن طريق الواسطة) — يجتاز هضبة عالية وتبلغ ميوله فى بعض الأحيان انحداراً شديداً ولذلك فاننا إذا حاولنا تمهيد هذا الخط لتسير عليه قاطرات بخارية أو قاطرات ديزل فان تكاليف التمهيد ستكون باهظة جداً . أما فى حالة الكهربة فاننا لانحتاج لكل هذه التكاليف فى التمهيد لأن القاطرات الكهربائية يمكنها أن تصعد ميولا تصل فى بعض الأحيان الى ٩٠ فى الألف وعلى ذلك فإنه بمقارنة التكاليف فى كل من الحالتين نجد أنها فى صالح القطار الكهربائى .

واقترح أن ينتهى هذا الخط عند الهرم مع عمل ترتيب مع شركة ترام القاهرة لاستخدام الجزء من سكتها بين الهرم والجيزة حيث تكون محطة نهاية الخط فى الأخيرة .

(ه) كهربة سكك حديد القطر المصرى : ثم يأتى بعد ذلك موضوع دراسة امكان كهربة شبكة خطوط الدلتا وبالتالى خطوط الوجه القبلى .

فأما عن الجزء الأول فان يستحق الدراسة الجدية حاليا وأما عن الجزء الثانى (خطوط الوجه القبلى) فان ذلك سيصبح فى حكم المستطاع إذا تم توصيل شبكة التيار الكهربائى المولد من خزان أسوان إلى الدلتا .

٢٣ – المراحل المقترحة لتنفيذ المشروع والخطوات المقترح اتباعها

نستخلص من كل ماتقدم ما يأتى : —

١ — خط حلوان — المرج يجب أن ينظر اليه ويفكر فيه كمشروع واحد يربط بين أطراف مدينة القاهرة من أقصاها إلى أقصاها ، وفى هذا من النفع ما يحتم علينا ألا نفكر فى أحدهما منفصلا عن الآخر .

٢ — من الممكن تنفيذ ذلك المشروع على مرحلة واحدة وفيه ما يعود علينا بوفر كبير فى نفقات الانشاء وتوحيد ادارة الخطين فضلا عن امكان إنشاء مستودع واحد وورشة واحدة للخطين معا بالقرب من مصر القديمة .

أما إذا قامت عقبات مالية فى سبيل تنفيذ ذلك المشروع على مرحلة واحدة فيمكننا تنفيذه على ثلاثة مراحل :

(ا) كهربة خط المرج — وقد أثبت أن ذلك الخط يفضل خط حلوان من وجهة نظر المصلحة العامة وتتكلف كهربته ما يقرب من نصف مليون من الجنيهات .

(ب) كهربة خط حلوان مع عمل الخندق المفتوح من فم الخليج إلى باب اللوق ويتكلف ما يقرب من مليون من الجنيهات بما فى ذلك تعديل باقى « المزلقانات » على الخط .

(حـ) عمل الوصلة بين باب اللوق وكوبرى الليمون على أساس مشروع حسين بك سعيد ماراً بميدان ابراهيم باشا والذى أقدر تكاليفه مبدئيا بمليونين ملايين من الجنيهات . أو حسب المشروع الذى أقترحه والذى يتكلف نحو مليون جنيه .

أما اقتراح الخبير فيليب داوسون الذى يقضى بوقف الخط عند السيدة زينب ثم عمل نفقين تحت الأرض داخل المدينة كما هو مبين فى الشكل (٦) فانه يتكلف حاليا مالا يقل عن خمسة ملايين من الجنيهات .

الخطوات التالية التى اقترحها لتكملة الابحاث الخاصة بكهربة

خطى حلوان والمرج

وعلى ذلك فاذا حاولت الحكومة القيام بهذا المشروع فانى أقترح الآتى :

أولا — تشكل لجنة من كبار المهندسين الكهربائيين الذين سبق لهم القيام بتصميم أو بالأشراف على مشاريع مماثلة .

ثانيا — تقوم اللجنة بعمل المواصفات اللازمة لكهربة الخطين على أساس استعمال تيار مستمر ٣٠٠٠ ڤولت ويلاحظ فى المهمات الكهربائية امكان استخدام الاسترجاع الفرملى .

ثالثا — تشرع اللجنة فى وضع المواصفات اللازمة لعمل مناقصة لتوريد التيار الكهربائى على أساس استهلاك سنوى ١٨ مليون كيلوات ساعة للخط كله وعلى أساس ١٢ مليون كيلوات ساعة للخطين بدون وصلة .

رابعا — وفى الوقت نفسه تشرع اللجنة فى عمل مواصفات لمحطة كهربائية تكفى لتغذية الخطين وجميع المنشآت الأخرى الممكن توصيل التيار اليها كالمصانع الموجودة على جانبى الخطين مثلا وذلك بالتعاون مع أصحابها .

خامسا — تدرس اللجنة مسألة انتهاء امتياز شركة النور عام ١٩٤٨ وعما إذا كانت الحكومة ستستولى عليها أو تنوى التجديد لها وفى الحالة الأخيرة يطلب من الشركة أن تمد الخط بسعر يتفق عليه قبل التجديد . كما يدرس من الآن امكان توريد التيار اللازم للخط وكذا أى تعديلات إضافية يلزم عملها فى محطة التوليد التابعة لشركة النور .

سادسا — يستفتى قلم قضايا الحكومة فيما إذا كان كهربة هاتين الخطين وخصوصا مشروع وصلهما يتعارض مع امتياز شركة ترام القاهرة أو شركة مصر الجديدة ، ويقدم اقتراحاته اللازمة بهذا الخصوص . وفى حالة قيام أى صعوبات يسعى إلى تسويتها بالممارسة بين هذه الهيئات .

سابعا — يجب أن يوقف حالا بيع أراضى الحكومة على جانبى الخطين المذكورين وتشكل لجنة أخرى تحوى فنيين من مهندسين وماليين لدراسة محاولة استغلال هذه الأراضى على أحسن وجه بما يضمن للحكومة حفظ مصالحها وحقوقها فيها من الضياع .

٢٤ — الخاتمة

ولا يسعنى قبل أن أختم كلمتى أن أسجل شكرى لسعادة الشيخ المحترم الدكتور عبد العزيز بك احمد عميد المهندسين الكهربائيين بالقطر المصرى على مالقيته من عطف وتشجيع أثناء اعدادى هذا المشروع — ذلك العطف الذى يلمسه كافة زملائى المهندسين فى دفاعه المجيد عن قضيتهم. وكذلك أوجه شكرى لكل من تكرموا بتقديم يد المساعدة أثناء دراستى لهذا المشروع وفى مقدمتهم حضرات أصحاب العزة النائب المحترم حسين بك سعيد مدير سكة حديد الرمل الكهربية سابقا والسيد بك فهمى عميد كلية الهندسة بجامعة فاروق وحسن بك راسم مدير إدارة النقل المشترك بالاسكندرية وكل من حضرات محمد بك مصطفى الخضرى ومحمود بك فهمى وعبدالوهاب بك صالح من مصلحة السكك الحديدية — وكذلك لجميع زملائى ومن تكرموا بمعاونتى والذين لا يتسع المجال لذكرهم جميعاً ولكنى سأبقى أسيراً ماطوقونى به من جميل الصنع، كما أود أن أؤكد أنه لولا هذه المساعدة لما أمكن لى أن أصل بهذه الدراسة إلى هذا الحد.

وختاماً أود أن ألفت الأنظار إلى أن الغرض الأساسى من محاضرتى هذه ليست وضع مشروع كامل لكهربة خطى حلوان والمرج ولكن إذا أمكننا أن نبرز أحسن الحلول بما سيثيره هذا التقرير من جدل ونقاش بين زملائى المهندسين فاننا نكون قد بلغنا أهم هدف نرمى اليه وبذلك يمكننا أن نقدم أحسن الحلول لتنفيذ هذا المشروع إذا قدر له التنفيذ.

وإنى آمل بتقديم هذه الدراسة المبدئية أن أكون قد ساهمت بجزء من الواجب على نحو وطنى. كما أرجو ألا يقف واجبى عند هذا الحد، فانى على أتم استعداد للمساهمة فى اتمام دراسة هذا المشروع بما لدى من معلومات أو محاضرات أو احصائيات وبيانات ومراجع تعالج كهربة السكك الحديدية وبهذه الوسائل كلها نعمل على انهاض هذا المشروع القومى العظيم متتبعين فى ذلك خطوات مهندس مصر الأول فاروقنا العظيم حفظه الله.

٢٥ — المراجع المختلفة

تقرير عن كهربة خط حلوان — السيد بك فهمى

اقتصاديات النقل — الاستاذ عبد العزيز مهنا.

الاحصائيات السنوية لادارة النقل المشترك بالاسكندرية

التقارير السنوية عن ادارة مصلحـــة السكك الحديدية والتلغرافات والتليفونات المصرية .

Cours de Traction Electrique de L'Ecole Supérieure D'Electricité de Paris par — Mazen.

Les Installations du Chemin de Fer Metropol tain de Paris par — Jean Virgitti.

Manuel de Traction Electrique — Dr. Ing Seefehlner.

Report on certain aspects of the E.S.R. — Sir Felix Pole,

Recent Developments Railway Electrification (1931) — Ahmed Reda Kamel

Electric Traction — Dover.

Electrification of Steam Railroads. — Healy.

Railway Stactistics — Kirkus.

Congrès International d'Electiricité (1932) — Section V.

Commercial Motor Road Transport — Meyrick-Jones.

Brown Boveri Review

Bulletin Oerlikon

Revue Siemens

Revue Ateliers de Constuctions Electriques de Charlroi.